

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANÁLISE ESTRUTURAL DA COBERTURA PEDOLÓGICA NO
PRIMEIRO PLANALTO PARANAENSE: ESTUDO DE CASO DA
TOPOSSEQUÊNCIA FAZENDA CANGUIRI

Dissertação de Mestrado

MARCELO LUIS RAKSSA

CURITIBA
2007

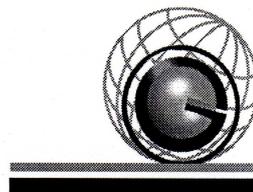
MARCELO LUIS RAKSSA

**ANÁLISE ESTRUTURAL DA COBERTURA PEDOLÓGICA NO
PRIMEIRO PLANALTO PARANAENSE: ESTUDO DE CASO DA
TOPOSSEQUÊNCIA FAZENDA CANGUIRI**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.
Orientador: Prof. Dr. Leonardo José Cordeiro Santos

CURITIBA
2007

**MEC-UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
- MESTRADO E DOUTORADO**



PARECER

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Geografia, reuniram-se para realizar a argüição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **Marcelo Luis Rakssa**, intitulada: "**Análise Estrutural da Cobertura Pedológica no Primeiro Planalto Paranaense: Estudo de Caso da Toposseqüência Fazenda Canguiri**", para obtenção do grau de **Mestre** em Geografia, do Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração **Espaço, Sociedade e Ambiente**.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato, são de parecer pela **APROVAÇÃO** da Dissertação.

Curitiba, 30 de março de 2007.

Nome e assinatura da Banca Examinadora:



Dr. Leonardo José Cordeiro Santos
(Orientador e Presidente da Banca)

Ambiente:



Dr. Nelson Gasparetto - UEM



Dr. Luiz Alberto Fernandes - UFPR

DEDICATÓRIA

Dedico esta pesquisa a quem permitiu a realização dos cursos de graduação e pós-graduação, o povo brasileiro, nos quais me tornei geógrafo, em uma instituição pública de ensino superior.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à todos os que, de alguma forma, colaboraram, direta ou indiretamente, por bem ou por mal, com a minha formação durante estes anos de estudo e pesquisa:

ao professor Leonardo José Cordeiro Santos que, gastando um bom tanto de sua imensa (quase infinita) paciência, colaborou nestes anos como professor, orientador e colega, nos trabalhos de campo e nas reflexões, muito ajudando para a realização desta pesquisa, mesmo quando o Fluminense perdia;

à professora Chisato Oka-Fiori, minha orientadora de Iniciação Científica, e participante da banca de qualificação, com quem eu muito aprendi enquanto aluno e orientando, dentro e fora de sala de aula;

à professora Inês Moresco Danni-Oliveira, com quem iniciei como voluntário nos projetos de pesquisa, tendo o primeiro contato com a produção do conhecimento científico;

ao grande 'peixe' Luis Carlos Zem, secretário do Programa de Pós-graduação, pela grande amizade e pela não menor prestatividade, nele represento meu agradecimento aos servidores da UFPR;

ao Departamento de Geografia da Universidade Federal do Paraná, e a seus professores, que participaram de minha formação, seja na sala de aula, ministrando disciplinas, seja fora dela, pelos exemplos e conversas. Dentre estes, destaco, fora os que já citei, os professores João Carlos Nucci, Olga Firkowski e Adilar Cigolini.

ao professor Luiz Alberto Fernandes, o 'Lurdinha', do Departamento de Geologia da UFPR, que bem me recebeu, tanto na disciplina de Petrologia Sedimentar, nas discussões de gabinete, quanto às atividades de laboratório, tendo constituindo também a banca de qualificação desta pesquisa;

ao técnico Daniel Paredes, do Laboratório de Estudos Sedimentológicos e Petrologia Sedimentar (LabESed – UFPR), pelo apoio nas análises da granulometria, pelas explicações e pelas piadas;

ao professor Nelson Gasparetto, da Universidade Estadual de Maringá, pela análise da pesquisa e constituição da banca final;

ao professor Eduardo Salamuni, pelo auxílio na cessão de arquivos digitais, pelos ensinamentos, registrados na literatura ou discutidos pessoalmente;

à Sonia Burmester do Amaral pelo auxílio na obtenção dos dados planialtimétricos do Altíssimo Iguaçu;

aos funcionários do Centro de Estações Experimentais do Canguiri, da Universidade Federal do Paraná, por possibilitarem e auxiliarem as atividades de campo na fazenda, representados pelo nome da Diretora Mauren Oriane Berlesi;

à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelos recursos financeiros que permitiram estas realizações;

aos grandes amigos que 'moveram pedras', Diogo Labiak Neves (Oráculo), Viviane de Lara Reis (sempre junta ao Diogo, e aqui não poderia ser diferente); e Marco Aurélio Ghislandi, nosso querido amigo 'Feliz';

aos meus amigos de graduação, que me acompanharam com cumplicidade nesta caminhada, os quais represento nos nomes de Luciano Félix da Silva, Giácomo Botaro Borges (e Stellinha), Rudolf Kröker, Eduardo Cordeiro Uhlmann, Felipe Augusto Hoeflich Damaso de Oliveira, André Frota, Patrícia Baliski, Diego Medroni (Herege/pingüim/paper), Ednilson Feola, Felipe 'Paranaguá' Jorge, Leandro 'Obinho', Camila Jorge, Marcos Torres, Rafaela Pacheco Dalbem, Mariana Baggio Annibelli, Guilherme 'Urso' Andrade, Roberto Carlos Pompeu, Karla Schmiguel, Mercedes Solá Perez, Márcio 'pedrinhas no barranco' Francisco; e aos amigos que se tornaram colegas de laboratório, com os quais caminhei junto, que destaco Camila Cunico, Laiane Ady Westphalen, Júlio Manoel França da Silva, Alessandro Andrade Haiducke, Pollyana Aguiar Fonseca, Thiago Granado 'Maverick' Souza, e Angelita Rolim de Moura;

aos amigos da minha turma da Pós Graduação em Geografia, dos quais destaco Pablo Melek, Letícia Nitsche, Tânia Bittencourt Bloomfield, Ronaldo Maganhotto, Denis Carlotto, Daniel Telles; e da turma seguinte, Sonia Maria Cipriano Bakonyi, Carla Holanda, Leandro 'Mineiro';

aos amigos que fiz durante estes anos na vizinha Geologia, que muito me auxiliaram, seja com explicações, auxílios técnicos, com cumplicidade, geólogas(os) Camila Muller, Gustavo Athayde, Camile Urban, colega cibernética Brasil-Austrália Silvana Bressan Riffel, e futuros geólogos Luiz 'Bradock', Hanae, João 'Boi' Parizotto (e família, que me receberam em Toledo), Juliano 'Coelho', Pedro, Melissa;

ao amigo e futuro geógrafo Stephan Iwanowski, que sempre trabalhou com seriedade e competência, auxiliando muito os estudantes do curso de Geografia;

aos colegas Marciel Lohmann, Josemara Boiko, Márcia Fernandes, Giselle Nicaretta e Karin Shellman que, com um simples puxão em manhã ensolarada, me incentivaram a dar um passo adiante;

aos que me receberam em Santa Maria, Rose, Ilson, Karol, Gisele, Opa, Oma, Sônia, Déia, Dessa, Edimara, entre outros tantos que me fazem ver em casa mesmo a tantas centenas de quilômetros da Mateus Leme;

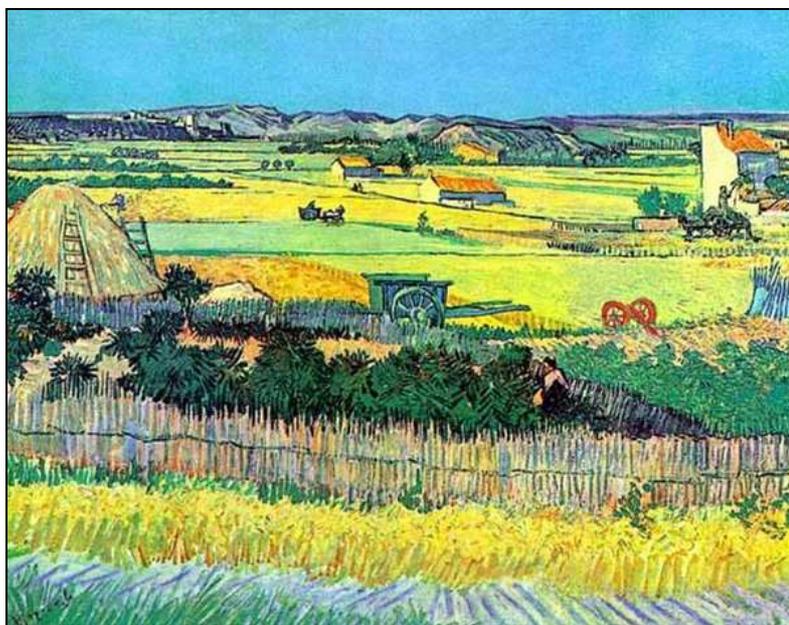
ao Kaliel, companheiro de todas as horas, proteção de todos os momentos, mesmo nas madrugadas produtivas, pela ajuda, compreensão e broncas; ao Haziél, pelas ajudas sempre pertinentes;

à minha querida companheira, namorada e excelente amiga Kalina Salaib Springer, pelo permanente apoio e companhia (estando perto ou longe), e pelo aprendizado que me proporciona;

à mãe Lili Rakssa, sem a qual nada disso teria ocorrido, literalmente;

à Providência Divina e seus instrumentos, pela qual todos nós Somos.

“A natureza é o nosso solo, não o que está diante, mas o que nos sustenta”.
(Mauricie Merleau-Ponty, ‘A Natureza’)



Vincent van Gogh
Vista da planície de Crau, perto de Arles, com o Mont Majour ao fundo
Arles, Junho de 1888
Óleo sobre tela, 72,5 x 92cm
Amsterdan, Rijksmuseum Vincent van Gogh

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE QUADROS	11
LISTA DE SIGLAS	12
RESUMO	13
ABSTRACT	14
1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 O ESTUDO DOS SOLOS: RELEVÂNCIA NO CONTEXTO CIENTÍFICO E NA CIÊNCIA GEOGRÁFICA.....	20
2.2. A ANÁLISE ESTRUTURAL DA COBERTURA PEDOLÓGICA COMO NOVA POSSIBILIDADE EM PESQUISAS DO SOLO.....	26
2.3. GÊNESE DAS LINHAS DE PEDRA (<i>STONE LINES</i>).....	35
2.3.1. Hipóteses autóctones para a origem das linhas de seixos.....	35
2.3.2. Hipóteses alóctones para a origem das linhas de seixos.....	41
3. MATERIAIS E MÉTODOS	44
3.1. PROCEDIMENTOS DE CAMPO.....	44
3.2. PROCEDIMENTOS DE LABORATÓRIO.....	63
4. DADOS OBTIDOS	66
4.1. A ÁREA DE ESTUDO: PRIMEIRO PLANALTO PARANAENSE, BACIA SEDIMENTAR DE CURITIBA, UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA GUABIROTUBA.....	66
4.2. A FAZENDA CANGUIRI NO CONTEXTO DA UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA GUABIROTUBA: ASPECTOS REGIONAIS.....	80
4.3. TOPOSSEQUÊNCIA FAZENDA CANGUIRI.....	87
4.4. CAMPO DE CORRELAÇÃO NA BACIA SEDIMENTAR DE CURITIBA.....	97
4.5. RESULTADOS OBTIDOS EM LABORATÓRIO.....	104
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Localização da formação Guabirota e fazenda Canguiri...	17
Figura 2 -	Níveis da organização pedológica.....	33
Figura 3 -	Linhas de seixos produzidas por cupins.....	36
Figura 4 -	Linhas de seixos produzidas por coluvionamento.....	38
Figura 5 -	Linhas de seixos segundo conceito do estado de equilíbrio....	39
Figura 6 -	Stone-lines de vertente.....	40
Figura 7 -	Linhas de seixos produzidas por desagregação de crosta laterítica.....	41
Figura 8 -	Fotografia aérea da fazenda Canguiri e localização da Toposseqüência.....	45
Figura 9 -	Representação planimétrica da toposseqüência fazenda Canguiri.....	48
Figura 10 -	Representação altimétrica da toposseqüência fazenda Canguiri.....	50
Figura 11 -	Disposições das transições entre volumes pedológicos. Transição horizontal ou plana, ondulada ou sinuosa, irregular, e descontínua ou quebrada.....	52
Figura 12 -	Diferentes tipos de estrutura.....	58
Figura 13 -	Compartimentos macrogeomorfológicos do estado do Paraná e localização da bacia sedimentar de Curitiba.....	66
Figura 14 -	Superfícies do primeiro planalto paranaense.....	67
Figura 15 -	Mapa Geológico da bacia sedimentar de Curitiba e arredores.....	72
Figura 16 -	Bacia sedimentar de Curitiba: Superfície topográfica vista em Modelo Digital do Terreno (MDT).....	73
Figura 17 -	Bacia sedimentar de Curitiba: Embasamento cristalino vista em Modelo Digital do Terreno (MDT).....	74
Figura 18 -	Zoneamento faciológico dos sedimentos da bacia sedimentar de Curitiba.....	75
Figura 19 -	Mapa preditivo da Paleosuperfície 1.....	78
Figura 20 -	Mapa geológico da região da Fazenda Canguiri.....	81
Figura 21 -	Zoneamento Faciológico dos sedimentos da formação Guabirota: detalhe da região da Fazenda Canguiri.....	82
Figura 22 -	Modelo Digital do Terreno: detalhe da região da Fazenda Canguiri.....	84
Figura 23 -	Mapa preditivo para paleosuperfície de Curitiba detalhe da região da Fazenda Canguiri.....	85
Figura 24 -	Imagem de Satélite LandSat detalhe da região da fazenda Canguiri.....	86
Figura 25 -	Distribuição dos horizontes pedológicos na toposseqüência Fazenda Canguiri.....	88
Figura 26 -	Trincheiras da toposseqüência Fazenda Canguiri.....	89
Figura 27 -	Pontos de descrição e coleta de informações para correlação sobre: Mapa Geológico, Zoneamento faciológico da BSC, Imagem de satélite e Mapa preditivo para a paleosuperfície Ps1.....	98

Figura 28 - Fotos dos pontos 01, 02, 03 e 04 do campo pela bacia sedimentar de Curitiba.....	100
Figura 29 - Fotos dos pontos 05, 06, 07 e 08 do campo pela bacia sedimentar de Curitiba.....	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Níveis de organização pedológica.....	34
Quadro 2 – Dados do levantamento altimétrico da toposseqüência fazenda Canguiri.....	46
Quadro 3 – Dados do levantamento planimétrico da toposseqüência fazenda Canguiri.....	47
Quadro 4 – Intervalos do grau de distinção na separação entre os volumes.....	51
Quadro 5 – Disposição das transições entre os volumes.....	52
Quadro 6 – Influência de diferentes materiais na cor do solo.....	54
Quadro 7 – Quantidade de mosqueado.....	55
Quadro 8 – Tamanho do mosqueado.....	55
Quadro 9 – Contraste das cores do mosqueado.....	55
Quadro 10 – Frações mais grossas do solo	57
Quadro 11 – Tamanhos conforme a estrutura do solo.....	59
Quadro 12 – Tamanho dos poros.....	61
Quadro 13 – Graus de consistência do solo seco.....	62
Quadro 14 - Classes de diâmetro utilizadas na medição.....	63
Quadro 15 - Tempos e profundidades de coletas de amostra por pipetagem.....	65
Quadro 16 - Locais das amostras retiradas da toposseqüência para análise laboratorial.....	104
Quadro 17 - Classes de diâmetro agrupadas.....	105
Quadro 18 - Resultados das análises granulométricas laboratoriais.....	106

RESUMO

O solo pode ser considerado como um elemento natural de extrema importância para o homem e para o próprio ambiente. Esta importância é refletida também no campo científico. Diversas áreas do conhecimento, entre elas a Geografia, envolvem-se em estudos onde o conhecimento do solo é parte fundamental das pesquisas. Deste modo, dois objetivos aparecem como principais neste trabalho: a) utilização da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica como uma nova forma metodológica para se caracterizar e compreender as propriedades do solo; b) caracterização das ocorrências das *stone-lines* encontradas na formação Guabirota. Para o desenvolvimento da pesquisa selecionou-se como recorte espacial a Fazenda Canguiri. Partindo-se do entendimento do solo, enquanto corpos contínuos, organizado como *cobertura pedológica*, com diferenciações verticais e laterais dependentes de mecanismos próprios, acredita-se ter na análise estrutural da cobertura pedológica uma abordagem que ofereça às pesquisas dos solos tais características. Com a execução e finalização desta pesquisa, podem-se fazer algumas considerações: - o suporte metodológico da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica mostrou-se eficaz no entendimento das relações do solo com o relevo; - a toposseqüência apresentou variações nas características morfológicas, tanto horizontais quanto verticais, ligadas às transformações decorrentes dos processos pedogenéticos, outras associadas à processos de transporte de material na vertente, ou ainda ligados às características deposicionais dos sedimentos; - foi verificado como um erro considerar que apenas um processo pode elucidar a gênese de todas as formas de linhas de seixos; - os casos encontrados demonstram semelhanças com a hipótese do transporte de materiais em superfície, devido aos indícios da interferência das oscilações paleoclimáticas nos sedimentos, ou ainda casos que demonstram que as próprias rochas do embasamento podem ser as fornecedoras, neste caso *in situ* dos clastos que compoem as *stone-lines*, destacando a pertinência das hipóteses do desenvolvimento local em oscilações climáticas, ou então a denominada hipótese do estado de equilíbrio

Palavras-chave: Análise Estrutural, Cobertura Pedológica, linhas de seixo, solos da formação Guabirota.

ABSTRACT

The soil can be considered as a natural element extremely important to men and environment. This importance is also reflected in the scientific field. Different knowledge areas, including Geography, are involved in studies in which the soil's knowledge is one essential part of the researches. Therefore, two main objectives appear in this paper: a) the usage of Pedologic Coverage Structural Analysis as a methodological form to characterize and comprehend the soil's properties; b) characterization of the stone-lines' occurrence found in *Guabirota* Formation. To develop the research it was selected as a spatial clip *Canguiri* Farm. Starting by understanding the soils as continuous bodies, organized, structured as pedologic coverage, with vertical and lateral differences depending on popper's mechanisms, the pedologic coverage structural analysis is believed as an approach that offers to soil's researches such characteristics. With the execution and finalization of this research, it is possible to do some considerations: - the methodological support Pedologic Coverage Structural Analysis has been showed as efficient in understanding the relations between soil and relief; - the top-sequence presented some variations in the morphologic characteristics, as horizontals as verticals, linked to the transformations resulting from pedogenetic processes others associated to materials' downhill transportation process, or even connected to the deposition characteristics of the sediments; it was verified as a mistake to consider that only one process could elucidate the genesis of all pebble's lines forms; - the founding cases demonstrated likeness to the hypothesis of the superficial material transportation, due to the evidences of paleoclimatic oscillations' in sediments, or even cases that showed that the base's rocks can be the suppliers, in this case *in situ* of the clast than would compose the stone-lines, been prominent the pertinence of the hypothesis of local development in climatic oscillations, or so the named equilibrium state hypothesis.

Key-Words: Structural Analysis, Pedologic Coverage, stone-lines, Guabirota formation soils.

1. INTRODUÇÃO

Analisando a dinâmica de ocupação humana, percebe-se que a problemática ambiental vivida nos dias atuais é resultado da forma como o homem se apropria dos elementos naturais estabelecendo uma relação com a natureza como que se esta fosse infinita.

Elementos naturais como as florestas e as águas são vitais para a ocorrência de vida em nosso planeta, entretanto o ser humano, quando se coloca como superior à natureza, pensa conseguir dominá-la e controlá-la por intermédio de seu intelecto e principalmente por intermédio do que hoje conhecemos como ciência moderna.

Neste contexto esta ciência, quando associada à visão mecanicista e à emergência do capitalismo comercial, contribuiu para acelerar os desequilíbrios ambientais, os quais presenciamos na atualidade.

Entretanto, atualmente é reconhecido o fato de que os problemas ambientais se generalizaram, perpassando limites físicos territoriais. Esse aumento global da degradação ambiental impõe às diversas áreas do saber o compromisso de internalizar conhecimentos e métodos que objetivam uma maior satisfação para o trato com as questões ambientais, passando também por um melhor entendimento da dinâmica da natureza e dos processos que dela fazem parte.

Sendo a natureza, sua dinâmica e seus processos, um dos alicerces que servem de base para a construção material e formal da ciência geográfica, esta área do conhecimento possui responsabilidade no que se refere ao entendimento dos processos naturais presentes nos elementos que compõem o meio físico.

Dentre estes elementos que compõem o sistema dos processos naturais, o solo é colocado como um dos fatores de grande importância. É suporte físico do ponto de vista geomorfológico e de uso e ocupação da terra. Partindo deste pressuposto, neste trabalho, compreenderam-se os solos como um dos elementos que servem como princípio elementar da ciência geográfica.

Neste contexto, buscou aqui a compreensão do solo a partir de um nova concepção. Para tanto utilizou-se como aporte metodológico a análise estrutural da cobertura pedológica. Este método introduzido primeiramente por pedólogos franceses na década de 70, propõem procedimentos que permitem a reconstituição da distribuição espacial das organizações pedológicas. Assim, a visão do perfil de solo foi substituída pela concepção do solo como corpo contínuo, organizado e estruturado como uma verdadeira *cobertura pedológica*, apresentando diferenciações verticais e laterais dependentes de mecanismos próprios.

Deste modo, dois objetivos aparecem como principais neste trabalho: a) utilização da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica como uma nova possibilidade metodológica para se caracterizar e compreender a distribuição dos solos nas paisagens, b) identificar e caracterizar as *stone-lines* encontradas na toposseqüência fazenda Canguiri.

Como objetivos específicos tem-se:

- Levantamento de estudos geológicos, pedológicos e geomorfológicos da área;
- Caracterização morfológica da toposseqüência Fazenda Canguiri, por meio de descrições em campo, e análise granulométrica dos horizontes determinados;
- Correlação da ocorrência das linhas de seixos presentes na toposseqüência Fazenda Canguiri, com outras áreas da bacia sedimentar de Curitiba;

Como recorte espacial para a pesquisa definiu-se o Centro de Estações Experimentais do Canguiri (Fazenda Canguiri), da Universidade Federal do Paraná (Figura 1). A toposseqüência escolhida apresenta-se superimposta aos sedimentos da formação Guabirotuba, com ocorrência de linhas de seixos.

A fazenda Canguiri está localizada no município de Pinhais, situado no Primeiro Planalto Paranaense. Neste compartimento geomorfológico, delimitado a leste pela Serra do Mar, e a oeste pela Escarpa de São Luis do Purunã, por sua vez composta por rochas de idade devoniana, está localizada a bacia sedimentar de Curitiba, onde estão acumulados os sedimentos característicos da unidade litoestratigráfica Guabirotuba.

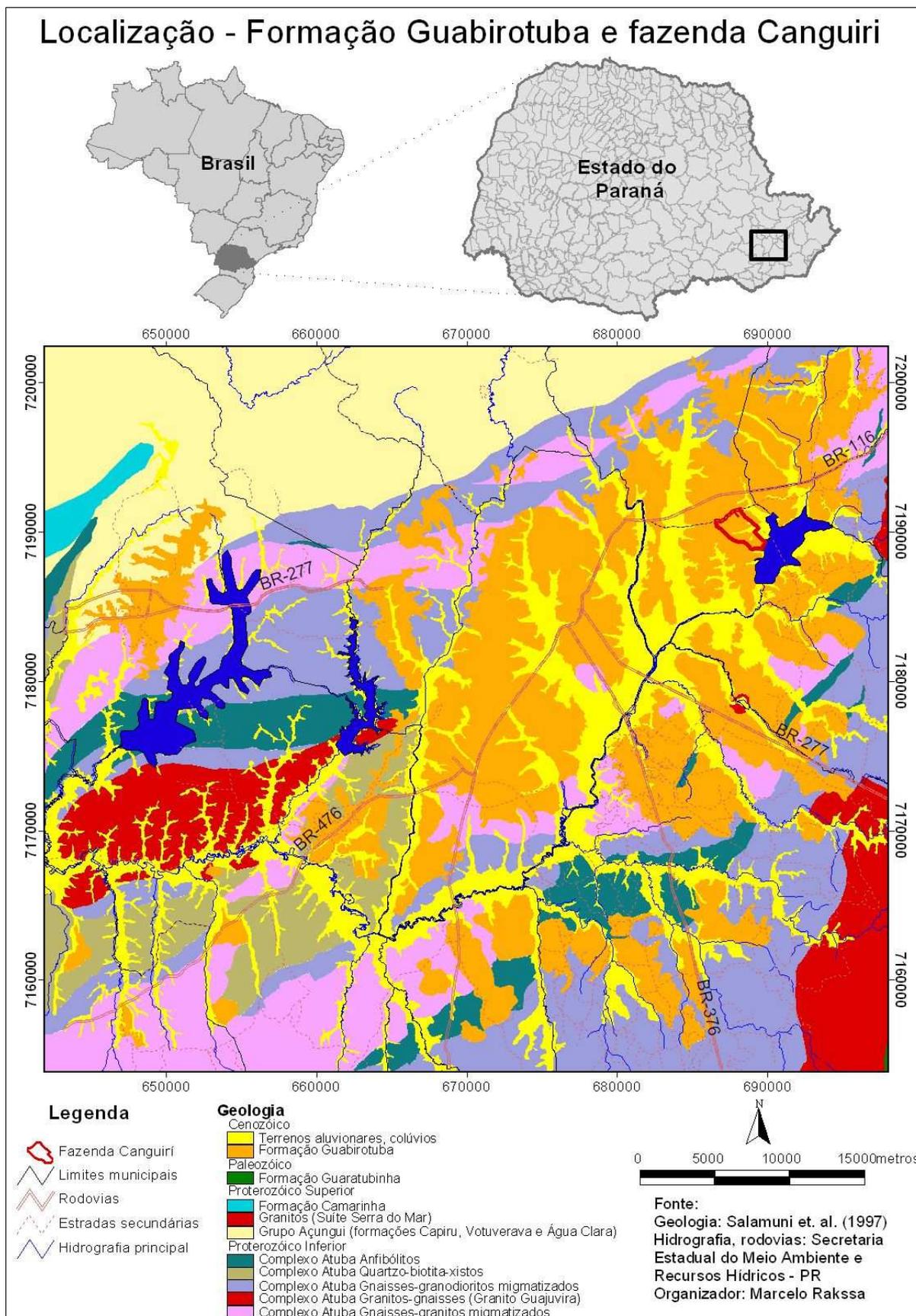


FIGURA 1 – Localização da formação Guabirotuba e fazenda Canguiri

Esta unidade litoestratigráfica por sua vez é caracterizada por sucessões de sedimentos sobrepostos, assentados discordantemente sobre o embasamento, composto predominantemente por argilas e siltes esverdeados, com intercalações de areias arcósias, arcósios e, menos ocorrentes, conglomerados polimícticos com predominância de seixos¹ de quartzo.

Para Becker (1982), sua origem de tais sedimentos estaria associada a um paleoclima semi-árido, que propiciou a formação de extensos leques aluviais, associado com um represamento de origem tectônica. O relevo suavemente ondulado, com planícies de várzeas intercaladas por sedimentos fluviais do período Quaternário é característica deste planalto (Maack, 1980).

Partindo-se deste contexto, a fim de se atingir os objetivos propostos, o trabalho encontra-se estruturado em cinco capítulos.

O primeiro deles tem-se a introdução do trabalho. Nesta parte procurou-se contextualizar o tema, apresentar de forma sucinta a área de estudo justificando o porquê de sua escolha. Apresentou também os objetivos principais e secundários da pesquisa.

No segundo capítulo, será apresentada a revisão bibliográfica que serviu de fundamentação teórica para o desenvolvimento desta pesquisa. Será demonstrada a relevância dos estudos pedológicos para o homem e para o ambiente. Nesta parte do trabalho, serão apresentados alguns aspectos que, tornam o conhecimento do solo muito importante para diversas áreas do conhecimento, dentre elas a Geografia.

Serão também discutidas as novas implicações decorrentes da aplicação da análise estrutural da cobertura pedológica para os estudos de pedologia. Neste item, serão abordados, além da discussão histórica de formação e evolução do método, aspectos como: conceitos fundamentais e possíveis aplicações.

Na terceira parte intitulada 'gênese das linhas de pedra' serão apresentadas as várias hipóteses encontradas para explicar sua formação.

No terceiro capítulo, serão apresentados e descritos os métodos utilizados na pesquisa. Serão detalhados os materiais e métodos adotados para a realização das atividades de campo, de gabinete, e de laboratório.

¹ O termo 'seixos' é utilizado segundo a definição de LEMOS e SANTOS (1984), como sendo as frações grossas que apresentam contornos arredondados (rolados).

No quarto capítulo serão discutidos os resultados obtidos do levantamento dos estudos realizados sobre o compartimento morfoestrutural do Primeiro Planalto Paranaense, da bacia sedimentar de Curitiba e da unidade litoestratigráfica Guabirota, quanto à sua gênese, constituição e características; assim como os resultados das descrições das trincheiras, das sondagens à trado na toposseqüência, do material coletado para amostra e das saídas à campo na bacia sedimentar de Curitiba.

O quinto capítulo corresponde às considerações relativas às atividades desenvolvidas na pesquisa. Nesta parte do trabalho, serão apresentadas algumas considerações quanto aos resultados obtidos, aos métodos e procedimentos utilizados. Será ponderado também a respeito do alcance ou não dos objetivos propostos no início da pesquisa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O ESTUDO DOS SOLOS: RELEVÂNCIA NO CONTEXTO CIENTÍFICO E NA CIÊNCIA GEOGRÁFICA

A utilização do solo começou com o cultivo de alimentos a aproximadamente 9.000 anos atrás. Neste período o homem tornou-se sedentário e relatos históricos já indicavam preocupações relacionadas ao reconhecimento de melhores áreas para o cultivo, incluindo informações sobre qualidade da terra e de como reconhecê-las (AZEVEDO e DALMOLIN, 2004).

Entretanto, segundo Lepsch (2002) é somente no século XIX com Vasili Dokouchaiev² que surgem estudos mais concisos sobre pedologia. A interpretação de Dokouchaiev sobre os solos observados em diferentes regiões da União Soviética apontou a diferença climática como motivo para as diferenciações entre os mesmos. Este pesquisador interpretou a existência dos diversos horizontes como resultado da ação conjunta dos vários fatores que os originavam. Com isso, Dokouchaiev estabeleceu-o como corpo dinâmico e naturalmente organizado.

Na atualidade pode se afirmar que a importância desses trabalhos reside no fato de que pela primeira vez foi reconhecida a sucessão de horizontes A, B e C dos solos, suas características químicas e físicas, e procurou-se relacionar com a origem e evolução destes. Em 1883, Dokouchaiev escreveu o livro Chernozem (do russo *Tcherno* = negro e *zem* = solo) considerado por muitos cientistas o marco que oficializa o nascimento da pedologia moderna.

Segundo Queiroz Neto (2002) outro nome de destaque neste período é o do estadunidense Hillgard que antes do final do século XIX, organizou,

² Vasili Dokouchaiev (1846 - 1903) - Naturalista soviético, é considerado o 'pai' da Pedologia, a ciência dos solos. Este papel foi atribuído por ter sido o cientista pioneiro a observar as diferentes características dos solos em diferentes locais da União Soviética, e atribuir estas diferenças ao clima. Foi designado pelo Czar para participar de Comissão responsável de estudar os efeitos de seca catastrófica nas planícies da atual Ucrânia, tendo também participado de trabalhos semelhantes nas frias e úmidas florestas de Gorki, dois ambientes muito distintos climaticamente. Também observou perfis de solo e atribuiu a causa das diferenciações verticais à processos de diferenciação do próprio solo, lançando assim as bases para a Pedologia.

reconheceu e mapeou os solos, a partir de suas qualidades e características (textura, cor, análises de solos/ nutrientes).

Com a Revolução Industrial e a consolidação do sistema capitalista de produção as pesquisas científicas realizadas dentro das ciências da natureza e, mais especificamente, na pedologia desenvolvem-se no sentido de aumentar e aprimorar a produção de alimentos e a exploração de matérias-primas. O interesse não era o entendimento dos processos pedológicos em si, mas sim o conhecimento sobre a distribuição espacial dos recursos e a caracterização, descrição e mapeamento dos tipos de solos.

Neste sentido Ruellan (1994) adverte que, mesmo o solo sendo um elemento essencial, é curioso comprovar que: não é, ou é muito mal conhecido pelos homens, inclusive por aqueles que o utilizam diretamente como é o caso de alguns agricultores, cujo conhecimento é, em geral, superficial, simplificado e até mesmo intuitivo.

Apesar deste elemento natural ser tratado como recurso abundante durante muito tempo, e talvez por isso usado e manejado como inesgotável ou renovável, seu uso inadequado não é um fenômeno novo. O que talvez seja recente é a preocupação crescente da comunidade científica e acadêmica com a qualidade de vida, podendo esta ser traduzida também em qualidade de alimentos e de água, e conseqüentemente qualidade de solo.

Queiroz Neto (2002), analisando a evolução dos conhecimentos em Pedologia, pôde inferir que os estudos pedológicos tiveram sempre um caráter utilitarista. Percebeu por exemplo que, sem o conhecimento de suas características e qualidades, seu uso não poderia ser adequado para obtenção de melhores produções agropecuárias.

Ainda de acordo com este autor, o rigor analítico empregado no conhecimento dos solos e de seus materiais constituintes sempre fez parte do desenvolvimento da Pedologia. Um exemplo disso é o emprego de equipamentos como os modernos microscópios eletrônicos com enorme poder de aumento, que permitem observar a superfície de partículas de argila (que são menores que 0,002mm).

Na atualidade, verificam-se esforços no sentido da aplicação de métodos diversos e estudos interdisciplinares, que o percebam de maneiras diferenciadas.

Para Azevedo (2004) o solo é a parte (geralmente) mais externa mais exposta à superfície, onde atuam não apenas os processos de intemperismo, mas também os processos pedogenéticos: processos formadores com características próprias.

Desta forma, este elemento natural, pode ser considerado um sistema complexo com inúmeras propriedades e resultado da ação combinada do clima, de diferentes substratos geológicos e de organismos vivos que, atuando sobre determinado material, se distribui ao longo da escala temporal, e em função do relevo.

Entretanto há de se considerar que há neste processo uma variabilidade espacial pedológica que exige um estudo mais aprofundado. Para Dalmolin e Pedron (2004) esta variabilidade espacial é um fenômeno natural resultante da interação dos diferentes fatores e processos de formação e de inter-relações com o ambiente natural, podendo ou não ser acentuada pela ação antrópica sobre a pedosfera.

Partindo da prerrogativa de que este elemento natural apresenta propriedades próprias que lhes conferem determinado comportamento frente às ações diversas, fica evidente a necessidade de pesquisas que busquem compreender seus processos internos. Entretanto, quaisquer que sejam os avanços recentes da pedologia, deve-se indagar sobre qual a importância desta ciência e a relevância destes estudos para o homem e o ambiente em que ele vive.

Para Ruellan (1989) o solo é um dos recursos naturais essenciais ao ser humano influenciando os ambientes e as sociedades como um todo. Assim, um dos objetivos da pedologia é o de compreendê-lo a fim de aprender a utilizá-lo sem destruí-lo.

Segundo Dalmolin e Pedron (2004) o conhecimento de suas principais características e de sua distribuição na superfície terrestre é fundamental ao desenvolvimento adequado de diversas atividades.

Pode-se considerar também que o solo é habitat de um número imenso de espécies de organismos, o que afeta indiretamente a biodiversidade dos ecossistemas. Segundo Olff *et al.* (2002)³ *apud* Azevedo (2004) a combinação

³ OLFF, H. RICHIE, M. E.; PRINS, H. H. T. Global Environmental controls of Diversity in large herbivorous. **Nature**. 415: p. 901-904. 2002.

entre a umidade disponível para as plantas e capacidade do solo em fornecer-lhes nutrientes, é o que determina a quantidade de biomassa e a concentração de nutrientes nos tecidos vegetais produzidos pelos ecossistemas terrestres.

De acordo com Azevedo e Dalmolin (2004) o solo possui mecanismos que possibilitam reter nutrientes e água, duas necessidades fundamentais para qualquer ser vivo. Estes mecanismos estão associados às partículas de argila responsáveis pelo armazenamento destes elementos. Este aspecto explica em parte sua importância na produção de alimentos.

Neste mesmo contexto, pode-se considerar que a qualidade das produções agrícolas depende também de suas propriedades, sobretudo, pela maneira pelas quais estas propriedades são tratadas, trabalhadas, melhoradas e protegidas.

Segundo Azevedo (2004) este mesmo mecanismo que permite armazenar nutrientes, contribui para a captura de substâncias com potencial de contaminação, prevenindo ou reduzindo seu alcance até os aquíferos e ou mesmo na cadeia alimentar.

Estas substâncias poluentes podem ser ainda decompostas e ou transformadas por seus componentes como o cálcio, magnésio e potássio, sendo os solos fundamentais na determinação da capacidade dos ecossistemas em reter poluentes.

Segundo Rheinheimer *et. al.* (2004) a relação entre o solo e a água é natural sendo que um condiciona a qualidade do outro, possuindo importância fundamental na manutenção de fontes de água e do nível dos rios. Desta forma, os regimes hidrológicos, bem como a qualidade química e biológica das águas, tanto dos lençóis freáticos como dos rios, são fortemente influenciados por este elemento.

Nascimento *et. al.* (2004) escrevem ainda que o solo permite o equilíbrio nas relações entre a atmosfera e a hidrosfera servindo como meio de filtragem e armazenamento de água e elementos químicos

Nos centros urbanos, pode-se considerar também que o conhecimento das propriedades, aptidões e limitações dos solos é uma condição prévia para a implementação de obras como: rede de drenagem e esgotos, ruas,

pavimentações e fundações de casas, edifícios, reservatórios de água, entre outros.

O solo é também o meio físico utilizado para descarte de resíduos de natureza diversa. Aqui, suas propriedades físicas, químicas e biológicas capacitam em maior ou menor grau a retenção e degradação dos compostos tóxicos, evitando ou contribuindo para a liberação de poluentes para rios, lagos e aquíferos.

Para Azevedo (2004), o solo apresenta como funções ambientais a sustentação da produção de biomassa, devido ao aporte que oferece as plantas fotossintetizantes; a filtragem, tamponamento e transformação de substâncias com potencial de contaminação; e ser o habitat biológico e reserva genética de um número imenso de espécies de organismos e microrganismos.

Pode-se considerar então que o conhecimento do solo: sua gênese e suas características, se constituem na primeira etapa de estudos que permitam sua utilização de acordo com as aptidões físicas e químicas. Estes estudos visam a conservação e proteção do meio físico, condição fundamental para a qualidade de vida humana.

Assim, este elemento natural sendo considerado como um componente essencial dos ambientes, diversas ciências, envolvem-no, em seus estudos. Seja de maneira principal, onde este é o objeto principal de estudo: como a pedologia, seja de maneira secundária onde, apesar de não se constituir no objeto principal de estudo, está direta ou indiretamente relacionado a ele.

Segundo Palmieri e Larach (2003) os estudos pedológicos, mapeamento e gênese, são de natureza interdisciplinar. Neste contexto, a Geografia também se preocupa em desenvolver estudos relacionados à pedologia. A importância de se compreender os solos: sua gênese, propriedades e características é ponto comum para vários dos ramos existentes hoje na ciência geográfica. Atualmente estes estudos relacionam-se a diversas temáticas, dentre as quais algumas serão a seguir apresentadas:

- espaço urbano: para Azevedo e Dalmolin (2004) o conhecimento das propriedades e limitações dos solos é uma condição prévia para a avaliação da qualidade e conseqüentemente para um melhor planejamento do espaço urbano,

devendo envolver estudiosos da ciência do solo (pedólogos) juntamente com outros profissionais.

- estudo da paisagem: sendo a paisagem⁴ um conceito unificador dentro da ciência geográfica (entre o humano e o meio físico), ela é a expressão resultante da atuação dos fatores representados pelo tetraedro: clima, solo, organismos vivos e aspectos socioeconômicos e conforme Resende *et al.* (1999) a pedologia se insere como uma das bases para a compreensão dos ambientes.

Neste contexto, o solo enquanto elemento natural possui importância peculiar na compreensão da dinâmica e na distribuição das paisagens. Muitos de seus componentes podem ser explicados quando se tem conhecimento sobre as características do solo sobre o qual ela se encontra.

- geomorfologia: no que se refere aos estudos em Geomorfologia, Palmieri e Larach (2003) inferem sobre a forte influência que o relevo possui na evolução e no desenvolvimento dos solos (interferindo por exemplo nas suas condições hídricas e térmicas). Entretanto esta influência pode também se processar de forma inversa, onde o conhecimento de suas características e particularidades tornam-se essenciais para a compreensão de formas de relevo e de processos geomorfológicos.

- climatologia: para Palmieri e Larach (2003) o clima através de seus elementos meteorológicos (como por exemplo a temperatura, precipitação e umidade) se torna um dos fatores ativos que influenciam diretamente no intemperismo das rochas.

Sendo a climatologia, um ramo da Geografia que também estuda as alterações climáticas atuais e pretéritas, o estudo do solo pode trazer contribuições importantes para seu desenvolvimento. Um exemplo a ser citado é a relação existente entre paleossolos e paleoclimas.

- impactos ambientais: em estudos de impactos ambientais, seja em bacias hidrográficas, áreas urbanas ou rurais, o conhecimento do solo é parte fundamental para o desenvolvimento de planos que reduzam os impactos causados pelas atividades humanas.

⁴ Segundo Bertrand (1968) a paisagem é a totalidade de um sistema formado por elementos físicos, biológicos e antrópicos, que interagindo dialeticamente um sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único indissociável, em perpétua transformação.

2.2 A ANÁLISE ESTRUTURAL DA COBERTURA PEDOLÓGICA COMO NOVA POSSIBILIDADE EM PESQUISAS DO SOLO

Para Ruellan (1988a) a maior parte dos pesquisadores encarregados de planejar e realizar o desenvolvimento dos solos, bem como a maioria das pessoas que os utilizam, não sabem sua definição e nem se interrogam sobre os conhecimentos que precisam ser adquiridos sobre ele, antes de utilizá-lo.

Desta forma, mesmo se tendo consciência da importância deste elemento natural, poucas são as pesquisas e os projetos de desenvolvimento que verdadeiramente se baseiam em um conhecimento real e aprofundado, o que demandaria estudos detalhados, longos e custosos.

Os tradicionais estudos em pedologia, têm, na maioria das pesquisas, seus objetivos e procedimentos ligados à identificação de unidades de solo e sua cartografia. Nestas pesquisas a finalidade é classificar, mapear e descrever sua natureza, conforme ocorrem no terreno. Neste sentido, os estudos pedológicos teriam na classificação sua importância máxima, sendo utilizados principalmente na agricultura.

Entretanto, a tarefa de estabelecer unidades homogêneas, conforme classificação proposta, pode diluir muitas informações, devido ao procedimento de generalização de suas características quando da atribuição de unidades específicas.

No que se refere a este fato, Beltrame (1998) indica que, nas pesquisas de levantamento e classificação, a unidade de mapeamento é representada pelo perfil vertical, que ocupa certo espaço, sem apresentar modificações laterais. Por isso, o enquadramento das unidades pedológicas observadas em campo em sistemas pré-definidos pode impedir a visão da dinâmica e a continuidade desta cobertura de solo.

Sobre os mapeamentos classificatórios, Buckman e Brady (1974) consideram que todas as áreas compostas por um mesmo tipo de solo numa mesma região (dentro de certos limites) são iguais quanto às características de perfil, inclusive no que se refere à textura do horizonte superficial.

Além desta característica reducionista, por menosprezar informações de detalhe para delimitar unidades cartografáveis, estas pesquisas apresentam também a utilização dos perfis com a finalidade de representar a unidade de mapeamento de solos conforme sua classe, portanto uma área homogênea.

Neste sentido, apenas as diferenciações verticais são abordadas, sendo consideradas, de maneira correta, como resultado dos processos pedogenéticos, que por migrações de constituintes e alterações físicas e químicas, se diferenciam. Assim, as variações horizontais são menosprezadas, sendo que, devido à intenção da cartografia de individualizar unidades de mapeamento, as diferenciações laterais que são consideradas correspondem justamente aos limites entre unidades distintas de cada classe.

Estes estudos que envolvem em seus objetivos a delimitação de solos conforme classificação tem como unidade de pesquisa e levantamento de dados o perfil pedológico. Santos (2000) nos indica que, conforme considera a grande maioria dos autores, o perfil é entendido como:

uma seção vertical do solo que partindo da superfície aprofunda-se até onde alcança a ação do intemperismo, expondo, na maioria das vezes, uma série de camadas dispostas horizontalmente, denominadas horizontes (SANTOS, 2000, p. 132).

Esta disposição seria resultado das variações das características morfológicas e suas propriedades, produto de transferência e de transformações verticais que atuam ao longo do perfil.

Para Fernandes Barros (1985), os mapas de pedológicos produzidos para mostrar sua distribuição com base nos perfis pedológicos como unidade de mapeamento são, na realidade, inventários de perfis, onde cada área individualizada no mapa corresponde a uma descrição de perfil. Dentro de cada área demarcada no mapa, estes são considerados homogêneos.

Sobre esta visão tradicional, Fernandes Barros cita que:

O perfil (vertical) é uma visão incompleta do solo, deixando de representar toda a sua estrutura natural, pois as variações laterais não são observadas e assinaladas. O destaque é dado para as variações verticais e mesmo assim, nem sempre evidenciando como as passagens entre os horizontes, ou volumes pedológicos se fazem; logo o perfil não pode representar o indivíduo solo pois é apenas um corte que faremos da cobertura pedológica (FERNANDES BARROS, 1985, p.19).

Segundo Queiroz Neto (2002) confrontando a idéia dos perfis isolados, o conceito de catena, inserido por Milne em 1934 considera a importância da posição topográfica para sua formação e desenvolvimento. Assim, os perfis encontrados em seções diferentes de uma vertente apresentam características diferentes devido à influências do relevo.

Desta forma, mesmo baseado em seqüências de perfis ao longo de uma vertente e tendo como principal preocupação a compreensão das diferenciações verticais no perfil, esta concepção já atribuía ao relevo papel diferenciador sobre suas características. Entretanto, a procura pela explicação das mudanças laterais, suas causas e limites ainda não era abordada por estes estudos.

Em artigo que aborda a característica dos estudos pedológicos no Brasil até a década de 60, Queiroz Neto cita a influência de novas concepções da ciência do solo da época, pela qual este poderia ser definido como “...o corpo natural da superfície terrestre, gerado pela ação, condicionada ao relevo, do clima e da matéria viva sobre as rochas matrizes, através do tempo” (QUEIROZ NETO, 1964, p. 4).

Segundo Queiroz Neto (1988) desde a metade do século XX houve a transição que permitiu a passagem progressiva da percepção da presença de organizações laterais de solos, característica do conceito de catena, para a percepção de sistemas de transformação pedológicas laterais, conforme a análise estrutural da cobertura pedológica. Nesta transição, Queiroz Neto (1988) infere que uma das etapas transcorridas foi a superação parcial do conceito de perfil de solo. No conceito de catena, os perfis verticais sucediam-se ao longo da vertente, estando estes ligados por relações genéticas, como os elos de uma cadeia.

Outra etapa passada consistiu na introdução da noção de *pedon*, no início da década de 1960, por meio do qual o solo passou a ser visto como um corpo

tridimensional. Por este conceito, cada unidade pedológica passou a ser representada por horizontes verticalmente dispostos, ocupando um certo volume no espaço. Entretanto, o espaço pedológico era ainda definido como constituído pela justaposição de perfis de solo verticais.

Já na década de 70, em trabalho publicado, Queiroz Neto (1988) afirma que três trabalhos importantes lançam as bases da abordagem da análise estrutural da cobertura pedológica nas pesquisas de solos:

- Os trabalhos de Bocquier⁵ em 1971, estudando toposseqüências no Tchad, no continente africano;
- As pesquisas desenvolvidas por Boulet em 1974⁶, no Alto Volta, no continente africano;
- Os estudos realizados por Chauvel no ano de 1974⁷ estudando transformações de solos ferralíticos no Senegal.

Estas pesquisas buscavam compreender o solo não mais como um indivíduo representado por perfis verticais, e sim como um corpo contínuo que cobre toda a extensão das encostas. Tratava-se de análises bidimensionais de coberturas pedológicas, ao longo de encostas, que, para Queiroz Neto, não só reencontrava a antiga proposta de Milne como a superava e a aperfeiçoava, levando à percepção de que a cobertura pedológica era:

um sistema estrutural complexo, inserido na paisagem. Apresentavam transformações progressivas das organizações, tanto vertical como (e principalmente) lateralmente no sentido da vertente; essas transformações incluíam transferências de matérias, neoformações mineralógicas e mantinham relações com outros elementos da paisagem, em especial com o relevo. Além disso, esses trabalhos mostravam a necessidade de integrar e compatibilizar as diferentes escalas de estudos dos solos, desde a escala da paisagem até as escalas microscópicas e ultramicroscópicas (QUEIROZ NETO, 1988, p.415-416).

⁵ BOCQUIER, Gerald. **Gênese et évolution de deux toposséquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation biogéodynamique.** Estrasburgo, 350p. 1973. Tese.

⁶ BOULET, Richard. **Toposséquences de sols tropicaux em Haute Volta. Equilibre et desequilibre pédobioclimatique.** Estrasburgo, 272p. 1974. Tese.

⁷ CHAUVEL, Alain. **Recherches sur la transformation des sols ferralitiques des la zone tropicale à saisons contrastées.** Estrasburgo, 532p. 1974. Tese.

Desta forma, esta nova abordagem da análise estrutural da cobertura pedológica permitiu uma revisão acerca dos métodos de observação, de medida e de representação cartográfica dos solos e de suas características, bem como uma revisão a cerca de suas próprias classificações.

Segundo Ruellan, (1988a), estes resultados permitem evidenciar os mecanismos pedológicos responsáveis pela presença de sistemas de transformação dos constituintes e das organizações pedológicas.

Para Fernandes Barros (1985), os estudos que seguem esta opção metodológica passam a enfocar as variações verticais e laterais dos solos com a mesma intensidade, objetivando, com isso, compreendê-lo de forma contínua no espaço e nas suas relações históricas.

Com a inserção da análise estrutural da cobertura pedológica passa-se a ter, como nos indica Ruellan (1988a) quatro enfoques principais:

a) O solo, enquanto cobertura pedológica, sendo constituído por sólidos minerais e orgânicos, líquidos e gases, por seres vivos e inertes, sendo meio organizado e estruturado. Nesta concepção a relação entre seus constituintes é observada, possuidora de uma forma, que se constitui de sua anatomia;

b) Este elemento natural é um meio contínuo, e a atribuição de unidades individualizadas definidas por um perfil vertical, que servirá para caracterizar este 'indivíduo-solo' sendo insuficiente, pois, equivalendo ao indivíduo-animal ou ao indivíduo-vegetal, a abstração do perfil 'indivíduo-solo' deve ser abandonada;

c) É um meio dinâmico, em perpétua evolução. Neste meio dinâmico, há transformações permanentes, cíclicas ou não, dos constituintes, das estruturas e dos sistemas porosos. Existem também no interior destes transportes permanentes ou intermitentes, de matéria sólidas, líquidas, gasosas e biológicas, e;

d) Considerando que o solo é um meio em perpétua evolução e transformação, este possui um passado que se deve tentar reconstruir e compreender, e um futuro que se deve prever e assumir.

O procedimento da análise estrutural da cobertura pedológica, proposto por Boulet *et al.* (*op. cit.*), permite:

- a) estudar os processos biogeodinâmicos, o sentido e evolução das pedogêneses, como por exemplo, ao identificar os sistemas de transformação que afetam as coberturas pedológicas, sendo que a representação cartográfica permite a percepção das três dimensões espaciais das organizações das estruturas pedológicas;
- b) reconstituir os diferentes mecanismos responsáveis pelas diferenciações pedológicas, bem como suas sucessões cronológicas ou, em outras palavras, abordar a dimensão temporal, 4ª dimensão das organizações das estruturas pedológicas;
- c) oferecer um quadro do comportamento e funcionamento atual da cobertura pedológica, sobretudo o comportamento e funcionamento híbrido, abrindo o caminho para a compreensão das relações solo x planta ou, culturas x cobertura pedológica (QUEIROZ NETO, 1988, p. 416).

Considerando as características expostas por Ruellan (1988a), a tarefa de estudar as coberturas pedológicas se constituiriam de:

- a) [...], primeiramente, observar, medir, representar e interpretar as organizações morfológicas. Isso deve ser feito em diferentes escalas, desde a paisagem até o microscópio. Trata-se de efetuar uma análise estrutural da cobertura pedológica.
- b) Estudar a cobertura pedológica significa, paralelamente à análise estrutural, e em função desta, reconhecer e analisar os constituintes, bem como determinar e medir as propriedades desses constituintes e as estruturas que organizam a própria cobertura pedológica.
- c) Estudar a cobertura pedológica é, enfim, observar, acompanhar, medir os mecanismos, as transferências e as atividades atuais do meio pedológico. Isso deve ser feito em função dos constituintes e de suas organizações e em relação com os agentes e com os fatores dessas dinâmicas, a saber: o clima, as rochas, o relevo, as atividades biológicas e as atividades humanas (RUELLAN, 1988a, p.412).

Assim, para Ruellan (1988a.) as observações e as medidas dinâmicas nessas organizações estruturais, em todas as escalas, confirmam a existência de relações espaciais e temporais. Estas observações mostram que as estruturas, traduzidas particularmente por sistemas de porosidades, pelas concentrações e

arranjos de certos constituintes, pelos contatos entre horizontes, entre outros, desempenham papéis fundamentais nos funcionamentos físico-químicos, mecânicos e biológicos dos solos.

Conforme nos indica Castro (2002), a cobertura pedológica é constituída por sistemas pedológicos que, por sua vez, são compostos por diferentes horizontes que se superpõem, justapõem ou superimpõem. Estes horizontes, por sua vez, são identificados em trabalho de campo por meio da abertura de perfis de solo em toposseqüências.

As observações em diversas escalas permite à análise estrutural da cobertura pedológica o avanço no que se refere à compreensão dos processos pedológicos, que muitas vezes não se restringem a uma das escalas. As escalas trabalhadas por esta metodologia vão desde a escala da cobertura pedológica, representativa da paisagem, à dos minerais, microscópica (Figura 2).

No entanto, com a busca pela compreensão do solo tal como uma cobertura tridimensional, em uma perspectiva dinâmica, o perfil passou a ter um significado lateral, além da tradicional característica vertical de observação. Através da sucessão de perfis alinhados do topo até à base de uma vertente, é possível identificar além da distribuição de horizontes as relações entre eles.

Neste contexto, considera-se que os níveis de organização pedológica estão, embutidos uns nos outros e constituem unidades de medida que implicam em ordens de grandeza extremas, conforme o apresentado no quadro 1 (CASTRO, 2002).

Como mostra o quadro 1 podem-se considerar diferentes níveis de organização pedológica. Particularmente, neste trabalho, as observações foram realizadas entre os níveis de 'paisagem'⁸ e o nível dos horizontes de solos, avançando parcialmente até a escala do agregado. Desta forma os agregados de solos foram identificados até o limite de observação com lupa.

⁸ Aqui o termo paisagem é designado por CASTRO (2002).

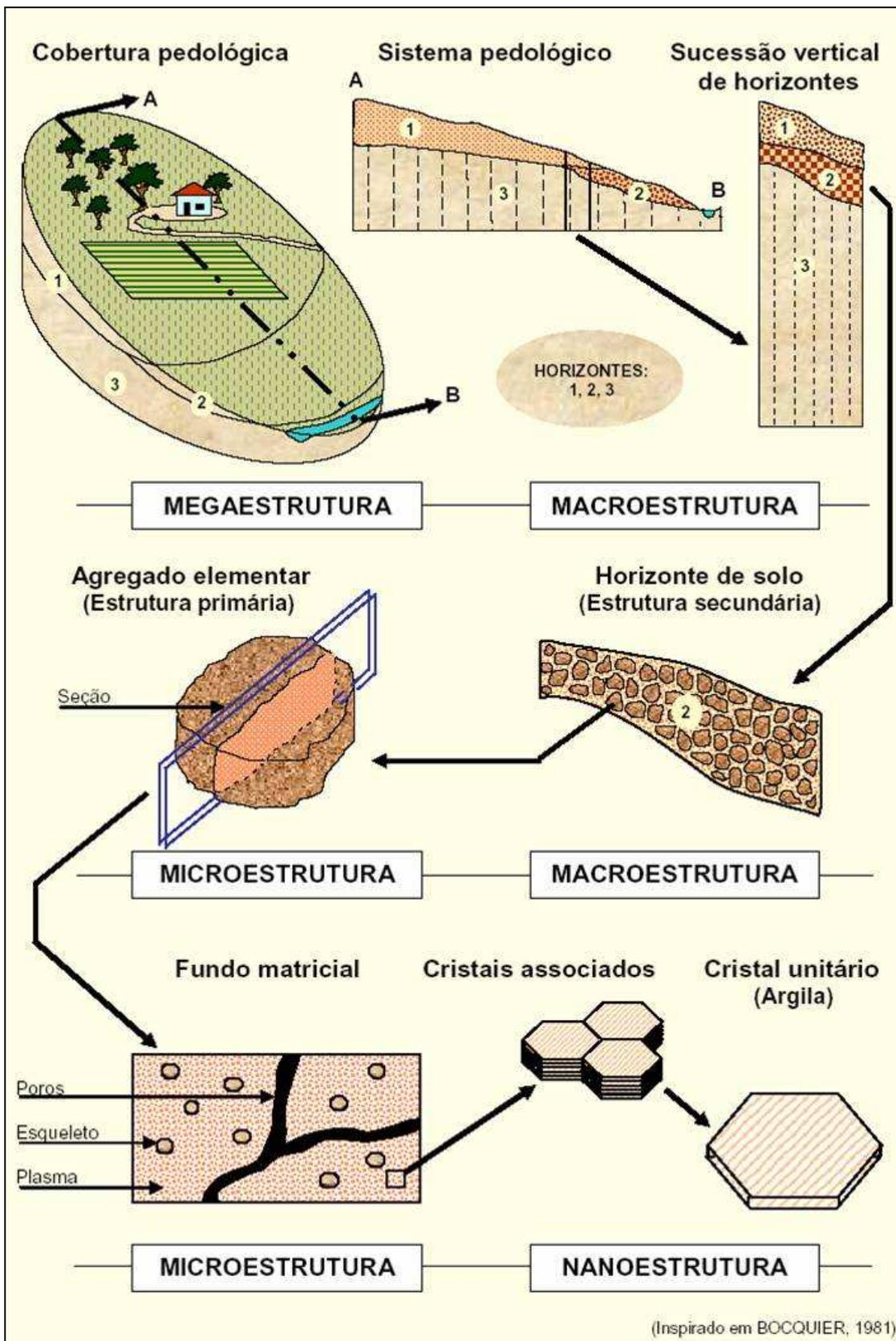


FIGURA 2 – Níveis da organização pedológica
 FONTE: BOCQUIER (1981)
 ORG.: CASTRO (2002)

QUADRO 1 – Níveis de organização pedológica.

Níveis de organização pedológica						
Nível de organização	Paisagem	Sistema pedológico em <i>continuum</i>	Sucessão vertical de horizontes	Horizonte de solo	Agregado elementar	Constituintes do agregado elementar
Escala intrínseca do nível	Megascópica	Macroscópica	Macroscópica	Macroscópica	Microscópica	Microscópica
Ordem de grandeza aproximada do nível	km – hm	hm - dam	dam - m	m - cm	cm - μm	μm - nm
Unidade de organização do nível	Sistema pedológico em <i>continuum</i>	Sucessão vertical de horizontes	Horizonte de solo	Agregado elementar	Constituintes do agregado elementar	Compostos químicos
Técnica de observação de nível	Direta a olho nu			Olho nu ou lupa	Microscopia óptica	Microscopia eletrônica

FONTE: CHAUVEL, (1979)

ORG: CASTRO, (2002)

2.3. GÊNESE DAS LINHAS DE SEIXOS (*STONE-LINES*)

Pode-se encontrar várias pesquisas realizadas como o intuito de averiguar a formação e a origem das linhas de seixos (denominadas por muitos autores de *stone-lines*). Estas pesquisas realizaram-se em diversas partes do mundo, entretanto aquelas que mais se destacaram foram efetivadas na África e na América do Sul.

Variadas são as hipóteses que buscam explicar a gênese das linhas de seixos. No entanto estas hipóteses podem ser divididas em dois grandes grupos: os autóctones e os alóctones. Considera-se, para esta distinção, o termo autóctone para os casos em que as *stone-lines* tem origem local, ou seja, seriam desenvolvidas no local ou produto de pequeno transporte restrito à escala da vertente. O termo alóctone é utilizado para os casos em que o material do qual é composta esta linha de seixos são produtos de longo transporte de materiais, extrapolando a distância da vertente.

2.3.1. Hipóteses autóctones para a origem das linhas de seixos

Hipótese do remanejamento por cupins

Uma interpretação para as linhas de seixos e para o material fino que as encobrem tem explicação na ação biológica. Esta hipótese baseia-se na remoção seletiva das frações finas do solo da subsuperfície para a superfície pelos cupins (térmitas), vermes e formigas, contribuindo assim para o isolamento de fragmentos grossos, constituído principalmente de fenoclastos de quartzo (Collinet, 1969; Riquier, 1969; Segalen, 1969; Bigarella, Becker e Santos, 1994).

O resultado do transporte de partículas do solo para a superfície, por meio de triagem da terra mais fina é uma concentração relativa de material de granulação superior no subsolo, com encobrimento do material mais fino usado pelos cupins na construção de suas edificações acima do nível do solo. Após a duração o cupinzeiro abandonado desagregaria e espalharia no terreno circunvizinho (Figura 3).

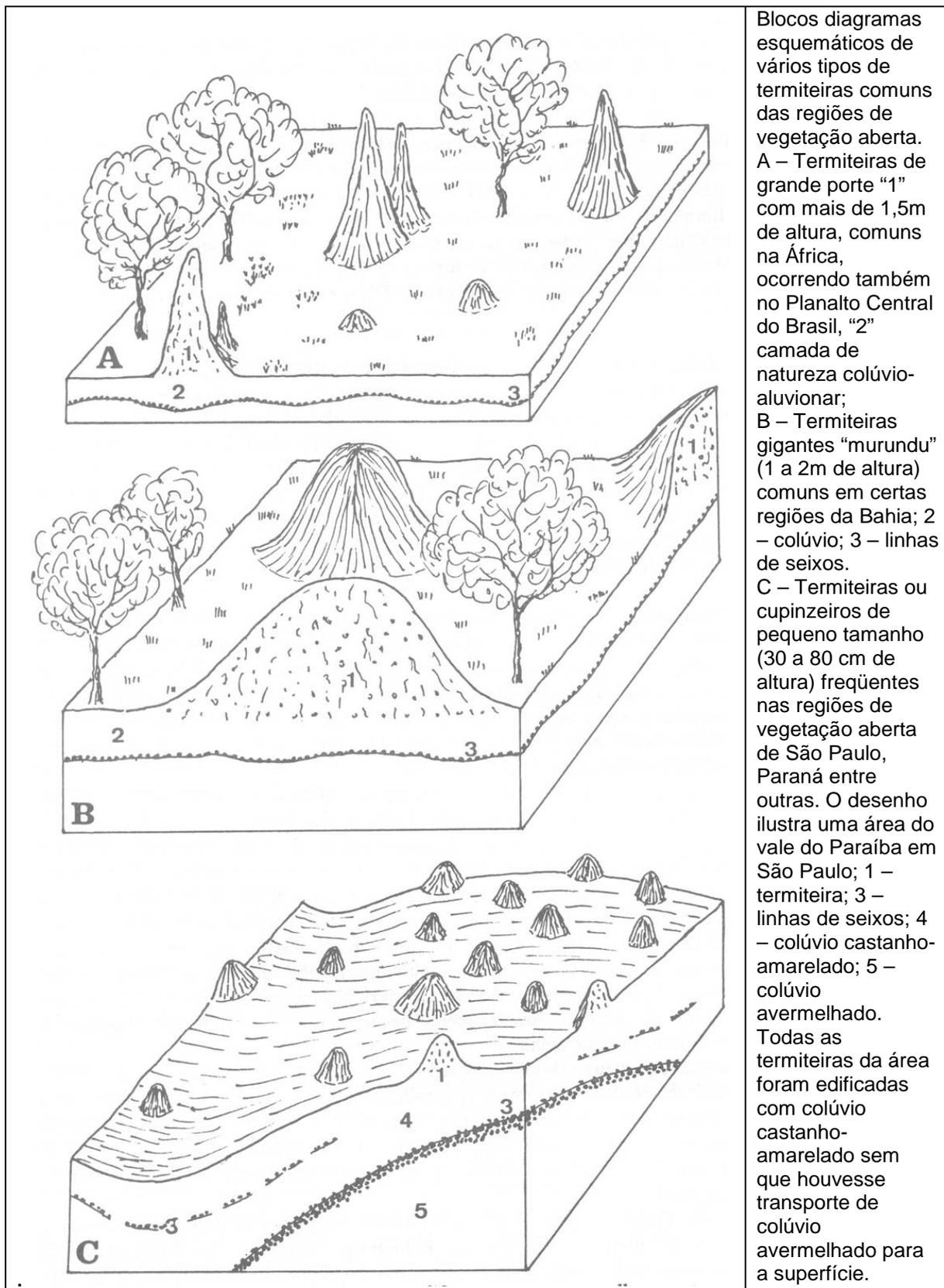


FIGURA 3 – Linhas de seixos produzidas por cupins
 FONTE: BIGARELLA, BECKER e SANTOS, (1994)

Para Ab'Sáber (1962), esta hipótese não seria correta. O autor considera que a seleção uniforme do material fino não poderia ser originada pela ação lenta e irregular dos cupins, pois os organismos não seriam capazes de ascender as de partículas finas de maneira regular por toda extensão de uma área superficial subhorizontal.

Outro argumento que refuta a hipótese dos cupins é o de Christofolletti (1968). Estes autores, depois de cálculos de transporte de material, afirmam que o material transportado pelas cupins seriam insuficientes para este tipo de acumulação, devido as perdas por erosão.

Hipótese do vento

Riou (1965)⁹ *apud* Riquier (1969) considerou que a hipótese do desenvolvimento de linhas de seixos é válida para certas regiões do norte da Nigéria e da Costa do Marfim, nas bordas das regiões áridas, mas nem sempre datam do Quaternário (data provável da deposição do material de recobrimento), datando da época de grandes períodos secos das regiões tropicais e equatoriais. Assim, os fragmentos de quartzo, antigamente expostos, são cobertos por materiais mais finos que consistem, então, em resíduos eólicos.

Descida dos elementos de maior granulometria no perfil

De acordo com a hipótese de Laporte (1962) *apud* Riquier (1969)¹⁰, a interpretação da formação *in situ* das *stone-lines* ocorreria pela descida dos elementos grossos no perfil e sua concentração em um nível, onde se acumulariam. Esta hipótese ocorreria então pelo processo de descida dos materiais de maior diâmetro, apresentando esta tendência devido as propriedades físicas do material fino quando saturado em água, e devido igualmente a ação das alternâncias dos processos de umidificação e ressecção do solo (COLLINET, 1969).

⁹ RIOU, Gerard. Notes sur les sols complexes des savanes préforestières en Côte-d'Ivoire. *Annales. Univ. Abidjan Lettres Sci. hum.*, nº 1, 1965. pp. 17-35.

¹⁰ LAPORTE, Gerald. Reconnaissance pédologique le long de la voie ferrée Comilog. *J. R.S.C.*, nº. 119. Brazzaville, 1962. 149 p.

Hipótese do coluvionamento

De acordo com Riquier (1969) e Bigarella, Becker e Santos (1994) a hipótese de coluvionamento relacionaria-se aos processos normais de transporte do material coluvial vertente abaixo.

Durante o movimento de massa sob condições de saturação por água, os fragmentos de rochas geralmente dispersos, que apresentam maior granulação tenderiam a se concentrar em uma faixa com matriz geralmente apresentando tanto areia, como silte e argila.

Para Bigarella, Becker e Santos (1994) este tipo de linhas de seixos originado sob condições úmidas possuiriam nítida diferenciação daquelas que resultariam da remoção dos finos em condições climáticas secas ou semi-áridas.

Este processo é ilustrado na figura 4 onde em 'A', está a vertente com manto coluvial '1'. Em 'B', a vertente é demonstrada após o movimento de massa causado pelo excesso de precipitação, cedendo lugar ao escorregamento da parte superior do colúvio '1' para dar origem ao colúvio '2'. Assim, no nível de deslizamento ocorreu uma concentração irregular de fenoclastos originando a linha de pedras '3'.

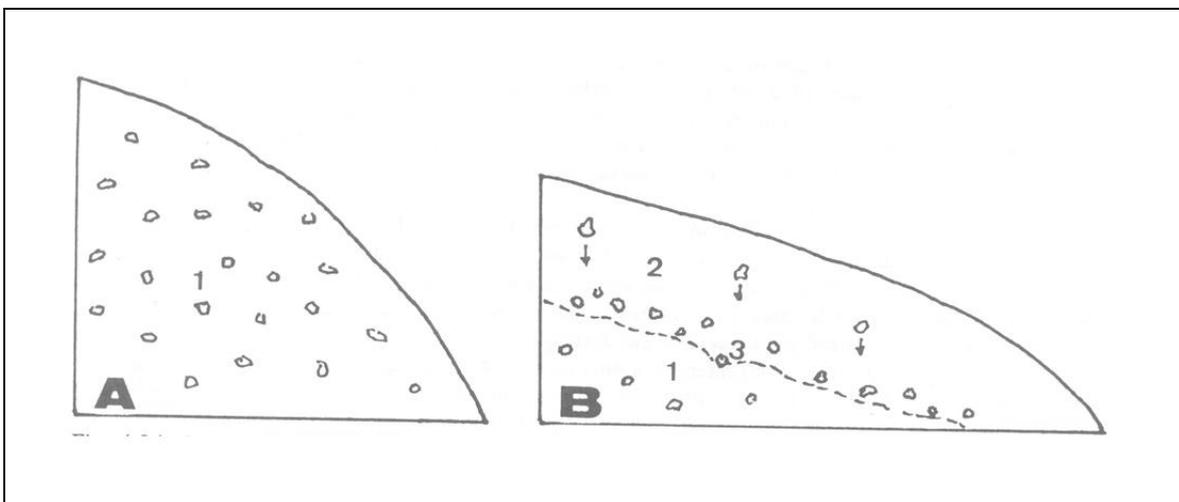


FIGURA 4 – Linhas de seixos produzidas por coluvionamento
FONTE: BIGARELLA, BECKER e SANTOS, (1994)

Hipótese do estado de equilíbrio

Segundo esta hipótese, as linhas de seixos seriam formadas por processos geomorfológicos e pedológicos contemporâneos. Estes processos ocorreriam através da incorporação do material originário dos veios de quartzo no solo que deslizaria vertente abaixo (Figura 5). Assim, as linhas de seixos marcariam o limite inferior da camada migratória do solo (Young, 1972; Nye, 1955; Smyth e Montgomery, 1962; Berry e Ruxton, 1959)¹¹ *apud* Bigarella, Becker e Santos (1994); Riquier (1969).

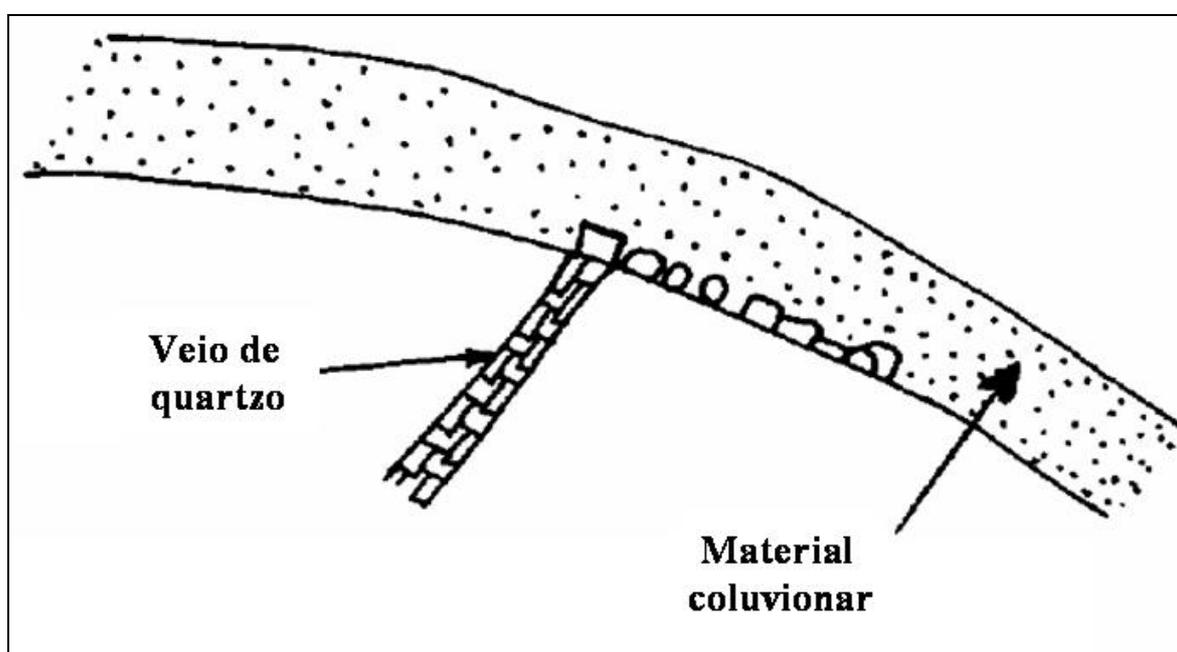


FIGURA 5 – Linhas de seixos segundo conceito do estado de equilíbrio
 FONTE: adaptado de RQUIER, (1969)

Hipótese do desenvolvimento local em oscilações climáticas

Para Bourgeat e Petit (1966.), a origem de linhas de seixos encontradas ao longo das vertentes em suas pesquisas na região africana de Tananarive seria atribuída à processos de desenvolvimento local, durante a vigência de dois períodos climáticos distintos, onde a estação seca seria mais acentuada que a

¹¹ YOUNG, A. **Slopes**. Edinburg: Oliver and Boyd. 299p. 1972.

NYE, P. H. Some soil forming processes in the granites of Sermesog, South Greenland: **Meddelelser Grønland**. nº. 179, p. 1-40, 1955.

SMYTH, A. J.; MONTGOMERY, F. F. **Soil and land use in Central Western Nigeria**. Ibadan: Government Printers, 1962.;

BERRY, L.; RUXTON, B. P. Notes of weathering zones and soils of granite rocks in two tropical regions. **Journal Soil Sciences**. nº.10, p. 54-63, 1959.

estação úmida. Com estas oscilações, os veios de quartzo existentes seriam retrabalhados em clima árido, desagregando e transportando o material pela vertente (Figura 6). Esta hipótese busca explicar também a continuidade e a descontinuidade das linhas de seixos de acordo com a posição na vertente.

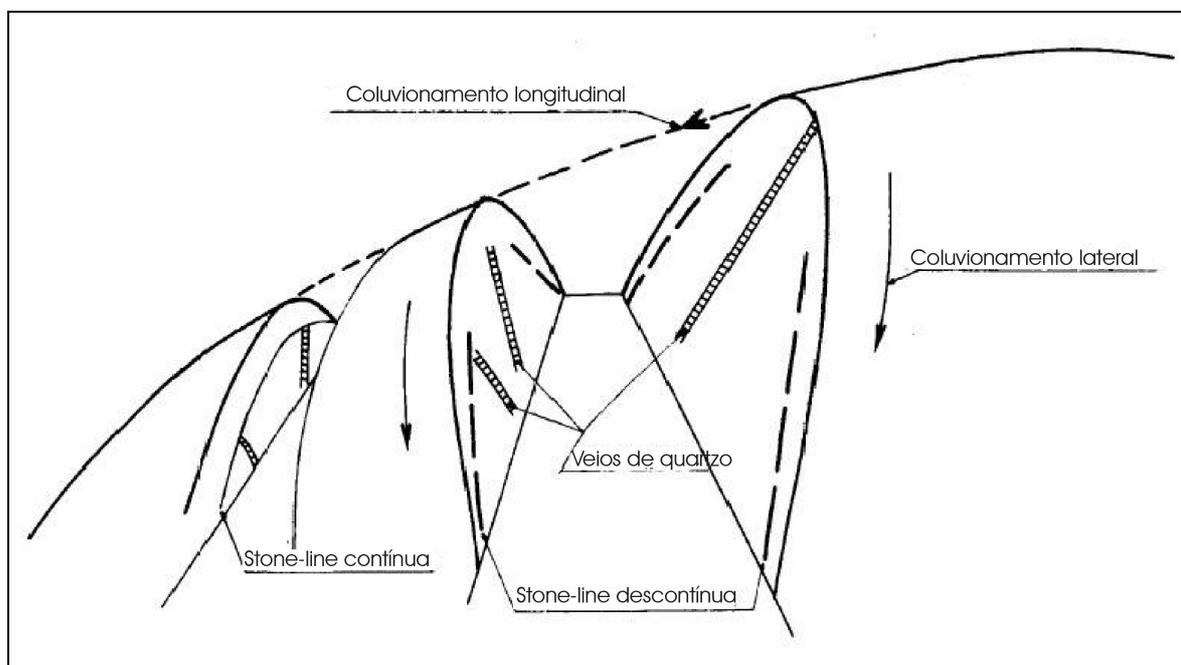


FIGURA 6 – *Stone-lines* de vertente
 FONTE: BOURGEAT e PETIT (1966)

Hipótese do intemperismo residual

Para a hipótese do intemperismo residual, as linhas de seixos seriam produtos residuais do intemperismo químico. Este intemperismo atacaria o maciço rochoso, ocasionando a alteração e remoção em solução de minerais menos resistentes ao ataque do intemperismo químico (Young, 1972.; Collinet, 1969; Porto, 2003).

Entretanto, minerais como o quartzo, mais resistentes ao intemperismo, acumulariam-se junto com o óxido de ferro mobilizado. Este processo poderia ocorrer também pelos processos de desfragmentação de uma crosta laterítica, durante a interrupção de processos de laterização provocada pela imposição de regimes climáticos mais úmidos.

Desta forma os fragmentos que resistissem maior tempo ao ataque intempérico constituiriam-se em *stone-lines* reliquiais (Figura 7). Com o avanço da degradação da crosta estas *stone-lines* passariam de remanescentes lateríticos para a etapa em que sobriariam apenas fragmentos de quartzo.

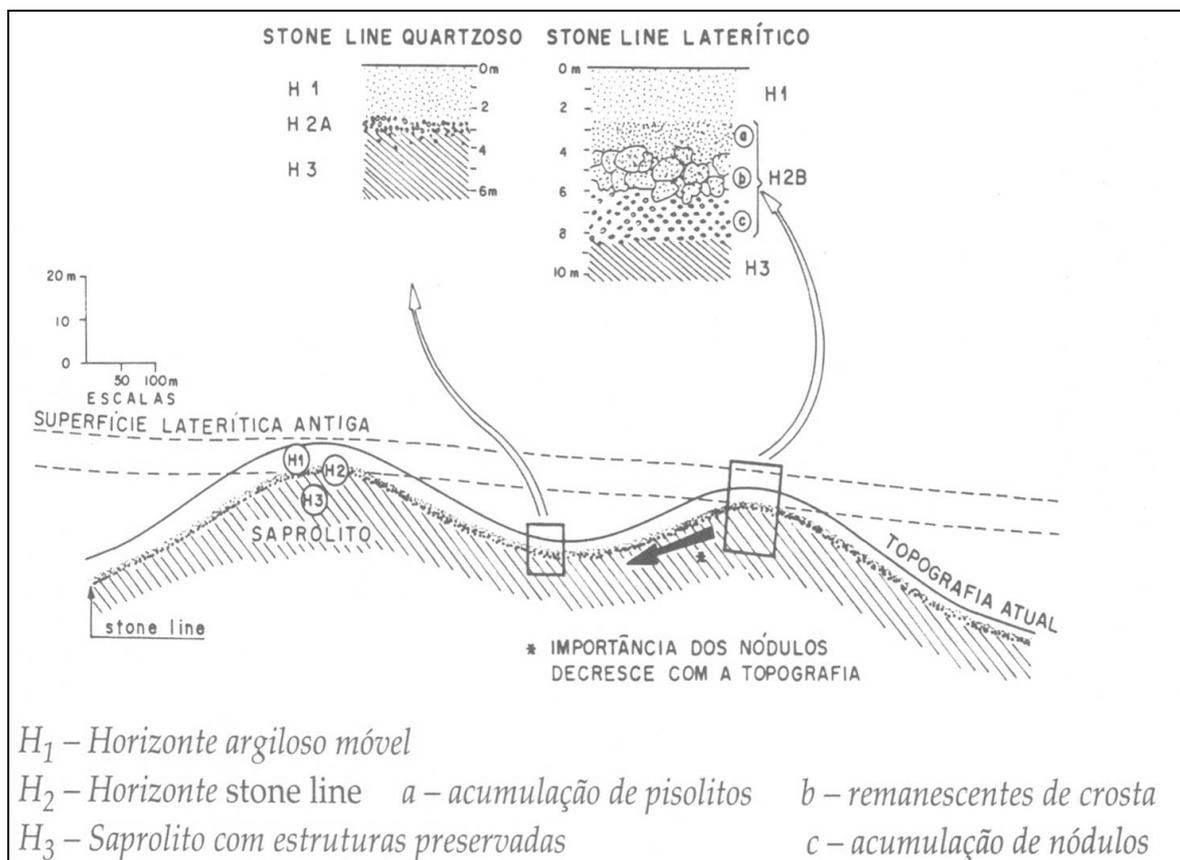


FIGURA 7 – Linhas de seixos produzidas por desagregação de crosta laterítica
 FONTE: PORTO (2003)

2.3.2. Hipóteses alóctones para a origem das linhas de seixos

Hipótese do transporte de materiais em superfície

Segundo esta hipótese a origem e formação das linhas de seixos ocorreriam por uma sucessão de diferentes fases climáticas. Em uma primeira fase úmida ocorreria, em grande profundidade, a individualização do material que seria quimicamente alterado. Já uma segunda fase, erosiva e climaticamente seca, favoreceria a retirada e o transporte dos materiais grossos a grande distância.

Em uma terceira fase, de sedimentação, ocorreria a deposição destes materiais de maior granulação, para depois serem soterrados por materiais mais finos (HEINZELIN, 1955 ; MARCHESSEAU, 1965 ; TRICART e CAILLEUX, 1965 ; RIOU, 1966)¹² *apud* Segallen (1969); (VOGT e VINCENT, 1966)¹³ *apud* Collinet (1969); Bourgeat e Petit (1966).

No entanto, por esta hipótese, alguns pontos não são perfeitamente esclarecidos. O primeiro deles é a origem do material fino que soterraria os materiais de maior granulação na derradeira fase úmida.

O segundo ponto ainda não esclarecido seria a regularidade do material de cobertura, quando observado em pequenas escalas (de uma bacia sedimentar ou de uma região). Outro ponto ainda não esclarecido refere-se a concordância das ocorrências das linhas de pedras com a topografia atual.

Segundo esta linha de pensamento, Bourgeat e Petit (1966) admitem para as *stone-lines* de planícies, a possibilidade da alimentação do horizonte dos seixos devido ao transporte pretérito de material a partir de relevos locais antigamente salientes, e atualmente rebaixados. Todavia, considerar-se-ia também a intervenção da fauna no desenvolvimento local da linha de pedras.

Hipótese de inversão de materiais

Segallen (1969) retoma e desenvolve a hipótese da inversão de materiais, por erosão de antigas superfícies aplainadas, geralmente alterando a localização dos materiais. Em zona tropical, o recuo de uma frente de erosão por abaixamento do nível de base provocaria uma inversão dos materiais. Os materiais de maior granulação, depositados na superfície, seriam levados pela erosão ao mesmo tempo em que seriam encobertos pelo material fino proveniente dos horizontes do solo.

¹² HEINZELIN, J. Observations sur la genèse des nappes de gravats dans les sols tropicaux. **Publ. ZNEAC. sér. Sci.**, nº. 64, Bruxelles, 37 p. 1955.

MARCHESSEAU, J. Etude minéralogique et morphologique de la stone-line au Gabon. **BRGM. Libreville**, p. 65 a 9, 109. 1965.

TRICART, J.; CAILLEUX, A. Traité de géomorphologie V. Le modelé des régions chaudes, forêts et savanes. **SEDES**, Paris, 322 p. 1965.

RIOU, G. Notes sur les sols complexes des savanes préforestières en Côte d'ivoire. **Ann. Univ. Abidjan. Lettres et Sci. hum.** 1, p. 17-36. 1965.

¹³ VOGT, J.; VINCENT, P. L. Terrains d'altération et de recouvrements en zone intertropicale. **Bull. BRGM., 4**, p. 1-111. 1966.

Este material que comporia o solo e seria retido pela cobertura vegetal, com a erosão seria carreado pela drenagem. Este processo, segundo Segalen (1969) ocorreria em áreas de clima equatorial, onde as modificações morfológicas de inversão de materiais e origem de linhas de seixos poderiam ocorrer pelo aprofundamento mais intenso dos eixos de drenagem.

Síntese das hipóteses

As publicações consultadas, brasileiras e francesas, demonstram que a busca pela compreensão das ocorrências das linhas de seixos foi realizada por pesquisadores de diversas origens, em diversos locais estudados, predominantemente nas regiões equatoriais sul-americanas e africanas.

O critério de agrupamento entre hipóteses autóctones ou alóctones seguiu os critérios apoiados pela maioria dos estudos já realizados.

As diferentes hipóteses encontradas para explicar a origem das linhas de seixos permitem afirmar que muitos são os processos que podem originar as *stone-lines*, mas alguns destes são específicos para determinadas regiões, não permitindo a aplicação para outros cenários. Das hipóteses elencadas, as que explicam as linhas de seixos de maneira mais abrangente são as que envolvem as oscilações climáticas, e as que atribuem aos materiais integrantes das rochas que compõem o embasamento, em contribuição *in situ* de materiais como o quartzo.

Porém, as condições de origem das linhas de seixos podem envolver mais de um processo, revelando que não apenas uma das hipóteses podem ser suficientes para explicar a origem das *stone-lines*.

3. MATERIAIS E MÉTODOS.

Para a obtenção dos objetivos propostos, foram adotados procedimentos de campo e de laboratório, descritos a seguir.

3.1. PROCEDIMENTOS DE CAMPO

Para a realização dos procedimentos de campo, utilizou-se como referencial teórico – metodológico Lemos e Santos (1984). Neste estágio da pesquisa, os trabalhos foram realizados observando as diversas escalas de trabalho e observação citadas por Castro (2002) exposto na página 34 deste texto. Ao nível da megaestrutura, a escolha do local da toposseqüência perante a caracterização do Primeiro Planalto Paranaense, a bacia sedimentar de Curitiba e a formação Guabirota. Após, a caracterização da toposseqüência e a delimitação dos horizontes, seguido pela descrição das características morfológicas dos horizontes, e coleta de amostras.

Ao todo foram realizados 13 levantamentos de campo. Destes, 12 foram feitos na Fazenda Canguiri e 1 deles foi um trabalho de campo complementar onde foram percorridos outros setores da bacia sedimentar de Curitiba e visitados 8 pontos diferentes em que foram encontradas as linhas de seixos¹⁴.

1ª Etapa: Seleção do local e definição da toposseqüência:

Para a seleção do local e definição da toposseqüência fazenda Canguiri observou-se a inserção da área de estudo, a fazenda Canguiri (Figura 8) no contexto geral da formação Guabirota. A toposseqüência deveria permitir a observação dos solos desenvolvidos sobre os sedimentos da referida unidade litoestratigráfica.

¹⁴ Este trabalho de campo será detalhado na parte que trata dos resultados da pesquisa.



FIGURA 8 – Fotografia aérea da fazenda Canguiri e localização da topossequência
 FONTE: MARQUES e SOUZA, (2004)

2ª Etapa: Representações planialtimétricas da topossequência.

Nesta fase do trabalho foram realizadas duas atividades: representação planimétrica e altimétrica da topossequência fazenda Canguiri, e representação cartográfica da distribuição das organizações pedológicas observadas e descritas em campo.

Representações: planimétrica e altimétrica da topossequência fazenda Canguiri:

Foram construídas as representações planimétrica (primeira a ser confeccionada) e altimétrica (construída com base na primeira). Esta etapa teve como objetivo principal fornecer material básico para a representação cartográfica da topossequência (perfis topográficos), para auxiliar na localização e registro cartográfico do alinhamento formado pelas trincheiras abordadas neste estudo.

Assim, seguiram-se os procedimentos descritos em publicações que tratam do levantamento de topossequências, de acordo com a análise estrutural da cobertura pedológica, (FERNANDES BARROS, 1985; 1986). Assim, para

representação planimétrica da toposseqüência fazenda Canguiri seguiu-se os seguintes passos:

a) Aquisição de dados planimétricos e altimétricos: Para a aquisição dos dados em campo, utilizou-se como base a publicação de Blanchet *et al.* (2003). Estabeleceu-se um eixo de maior declive, com disposição perpendicular às curvas de nível, que se estendeu do topo da vertente ao fundo de vale (sopé da vertente). Aqui, as trincheiras foram localizadas na representação gráfica da vertente.

Em seguida realizou-se o levantamento topográfico expedito do transecto. Para a representação planimétrica e altimétrica da topografia, assim como para a localização das trincheiras, utilizou-se bússola, altímetro, trena, balizas e metro. Os dados coletados para a representação gráfica da toposseqüência são apresentados nos quadros 2 e 3.

QUADRO 2– Dados do levantamento altimétrico da toposseqüência fazenda Canguiri

Alinhamento	Estacas	Distância horizontal (m)	Ângulo de inclinação (α)	Cota de altitude (m)	Localização das trincheiras
-	0	-	-	939,000	1ª trincheira
0-1	1	21,84	-4° 20'	937,345	
1-2	2	15,37	-4° 30'	936,135	2ª trincheira
2-3	3	13,80	-4° 50'	934,968	
3-4	4	8,60	-10° 10'	933,426	
4-5	5	17,73	-7° 30'	931,092	
5-6	6	24,54	-6° 30'	928,296	3ª trincheira
6-7	7	20,00	-6° 20'	926,076	
7-8	8	23,00	-6° 40'	923,388	
8-9	9	18,57	-7° 00'	921,108	
9-10	10	19,95	-3° 30'	919,888	4ª trincheira

FONTE: Blanchet *et al.* (2003)

QUADRO 3 – Dados do levantamento planimétrico da toposseqüência fazenda Canguiri.

PROJEÇÕES								
			Sobre "X"			Sobre "Y"		
alinhamento	distâncias	rumos	e (+)	w (-)	n (+)	s (-)	x	y
0-2	37,21	20°00' SE	12,726	-	-	34,966	12,726	-34,966
2-10	146,19	10°00' SW	-	25,386	-	143,96	-12,660	-178,935

FONTE: Blanchet *et al.* (2003)

b) Escolha da escala: considerando a importância da escolha da escala na representação da toposseqüência, optou-se pela seguinte seleção:

- A escala vertical para o relevo de 1:200, com cada centímetro gráfico equivalendo à 2 metros;

- A escala 1:20 para a escala vertical das profundidades de elementos pedológicos, onde cada centímetro gráfico equivale à 20 centímetros;

- A escala horizontal de 1:750, onde cada centímetro gráfico corresponde à 7,5 metros.

c) Plotagem em papel milimetrado: os dados planimétricos e altimétricos levantados foram lançados em papel milimetrado. Da união dos pontos levantados por retas obteve-se a representação altimétrica da vertente (Figura 9). Assim foi construída a representação altimétrica da toposseqüência Canguiri por meio dos valores de planimetria.

Representação cartográfica da distribuição das organizações pedológicas:

esta etapa se constitui na representação final da toposseqüência. Nela foi representado no perfil da vertente, dados de altimetria e planimetria, a localização das linhas de seixos e dos elementos pedológicos descritos em campo.

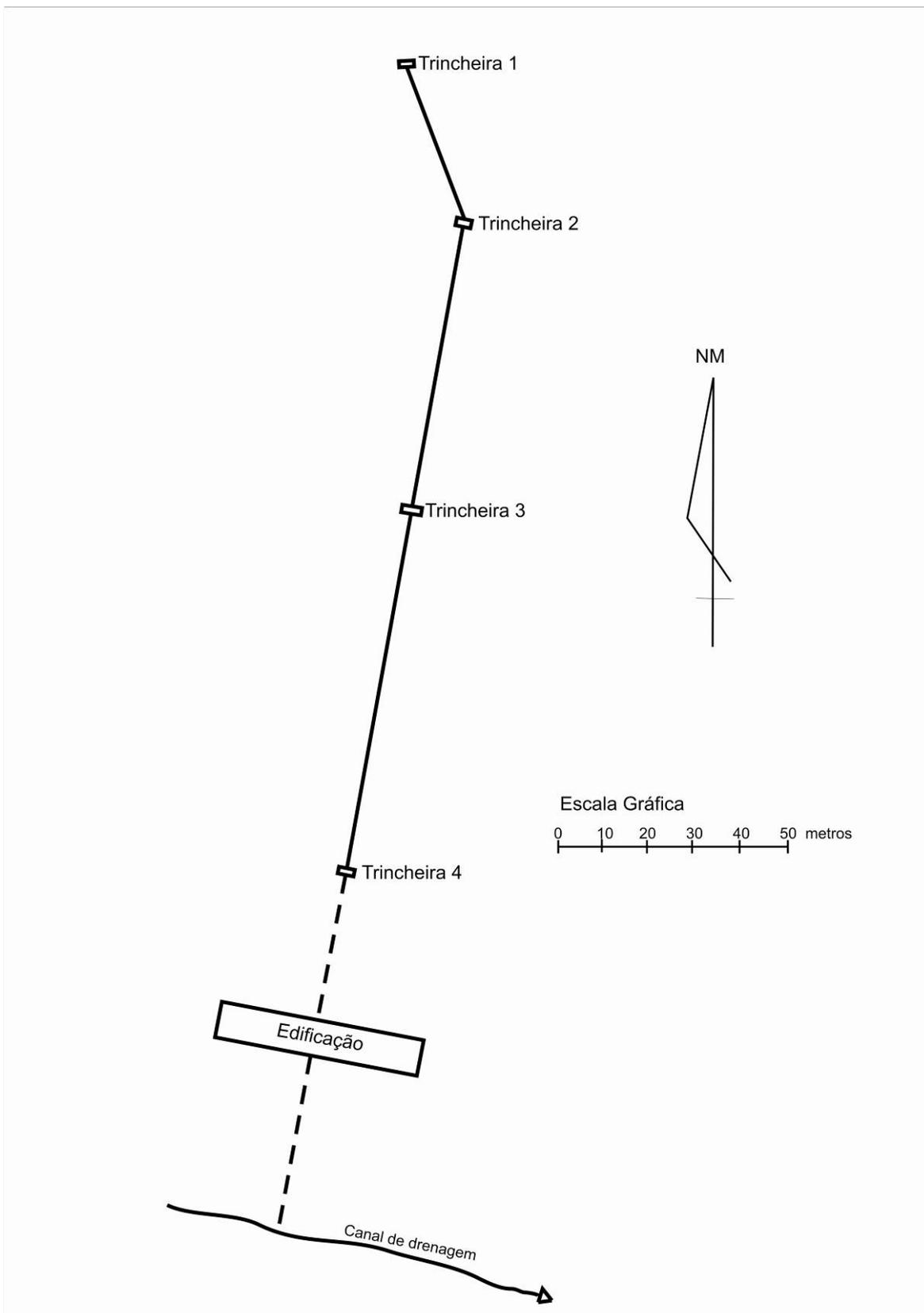


FIGURA 9 - Representação planimétrica da topossequência fazenda Canguiri
FONTE: BLANCHET *et al.* (2003)

3ª Etapa: Abertura de trincheiras :

As trincheiras¹⁵ estão situadas em uma vertente com vegetação de *Pinus Elliot*. Assim, cada uma das quatro trincheiras alinhadas nesta toposeqüência está localizada em um setor distinto da vertente.

A trincheira 1 (T1) está localizada próximo ao divisor de águas, em topo plano e a trincheira 2 (T2) localiza-se logo acima da ruptura de declive. Já a trincheira 3 (T3) está na meia encosta, enquanto que a trincheira 4 (T4) localiza-se na baixa vertente (em setor plano da vertente), próxima ao canal de drenagem (Figura 10).

4ª Etapa: Seleção e realização de sondagem a trado

As tradagens foram realizadas como o objetivo de complementar as descrições realizadas nas trincheiras, para identificar as transições das características entre os perfis. Ao todo foram feitas oito sondagens a trado.

- Sondagem a trado 1 (S1): entre a trincheira 1 e a trincheira 2, a 16 metros a jusante da T1;

- Sondagem a trado 2 (S2): entre a trincheira 2 e a trincheira 3, a 13 metros a jusante da T2.

- Sondagem a trado 3 (S3) entre a trincheira 2 e a trincheira 3, a 24 metros a jusante da T2;

- Sondagem a trado 4 (S4) entre a trincheira 2 e a trincheira 3, a 35 metros a jusante da T2;

- Sondagem a trado 5 (S5) entre a trincheira 2 e a trincheira 3, a 50 metros a jusante da T2:

- Sondagem a trado 6 (S6): entre a trincheira 3 e a trincheira 4, a 20 metros a jusante da T3;

- Sondagem a trado 7 (S7) entre a trincheira 3 e a trincheira 4, a 40 metros a jusante da T3; a

- Sondagem a trado 8 (S8) entre a trincheira 3 e a trincheira 4, a 60 metros a jusante da T3.

¹⁵As trincheiras foram abertas anteriormente à esta pesquisa por funcionários do Centro de Estações Experimentais Canguiri (fazenda Canguiri) , sendo utilizadas para fins didáticos nas disciplinas do curso de Geografia, Engenharia Florestal, Engenharia Madeireira e Agronomia.

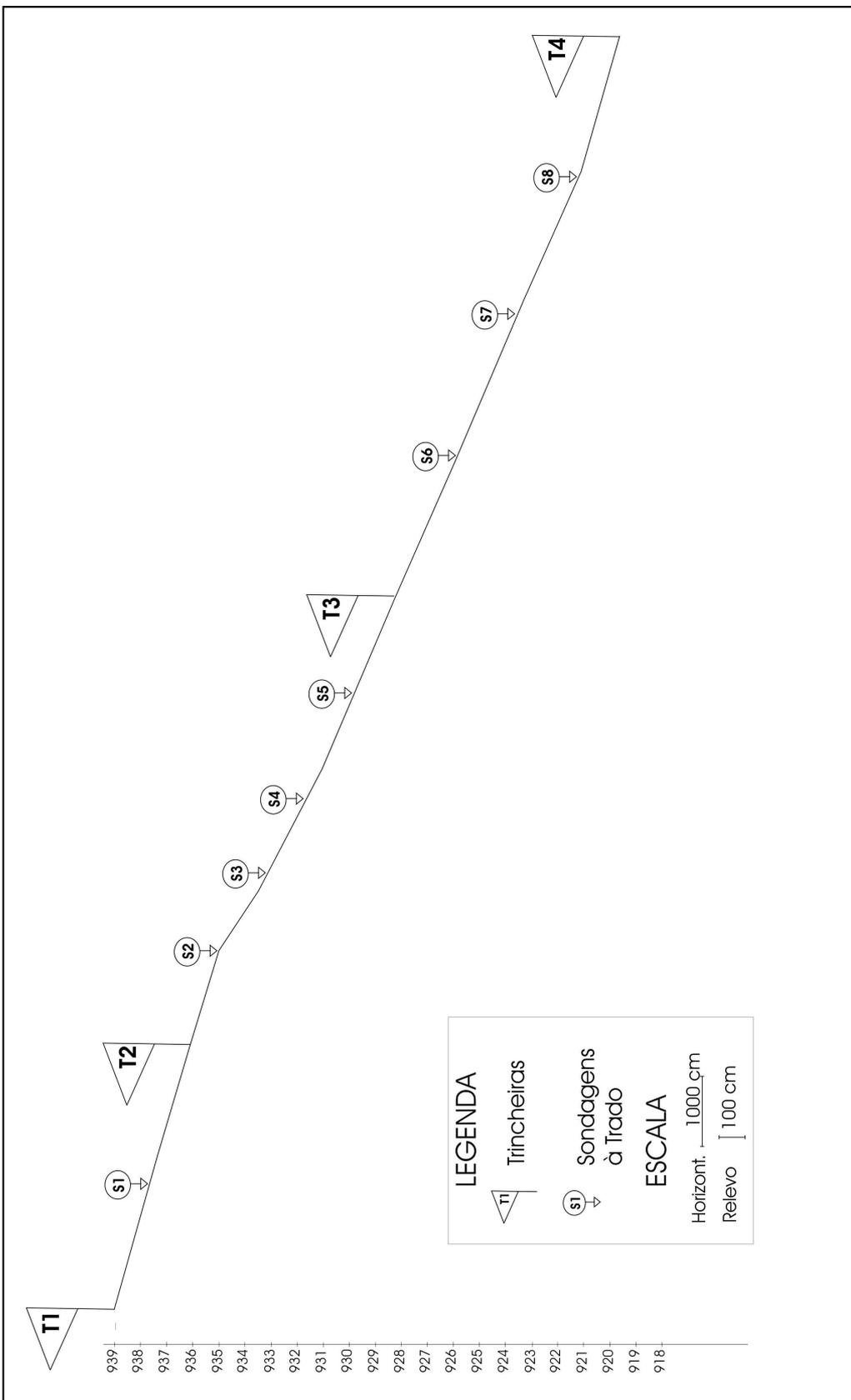


FIGURA 10 - Representação altimétrica da toposseqüência fazenda Canguiri

5ª Etapa: identificação dos horizontes, delimitação das transições e caracterização:

A Identificação dos horizontes e delimitação das transições exigiu que as trincheiras fossem ampliadas, a fim de facilitar o trabalho de caracterização, bem como seu registro fotográfico.

O primeiro passo constituiu na diferenciação dos horizontes, por suas características mais evidentes em campo como: cor, textura, estrutura, porosidade, existência de cerosidade e consistência. No entanto, o principal destes indicadores foi a cor, que demonstrou a existência de processos de diferenciação entre os volumes. Outra característica importante observada nesta etapa foi a textura do solo.

Com a delimitação dos volumes, o próximo passo foi a medição de suas profundidades e espessuras, a qual foi realizada com o auxílio de uma fita métrica. Neste procedimento a marca inicial da medida foi situada no limite superior do perfil, ignorando-se as camadas de resíduos orgânicos (denominado horizonte O - orgânico), estivessem estes decompostos ou em decomposição. A transição entre os volumes delimitados foi determinada considerando o grau de distinção, seguindo os intervalos conforme expostos no quadro 4.

QUADRO 4 – Intervalos do grau de distinção na separação entre os volumes

Denominação	Espessura da faixa de transição
transição abrupta	menor que 2,5 cm
transição clara	entre 2,5 e 7,5 cm
transição gradual	entre 7,5 e 12,5 cm
transição difusa	maior que 12,5 cm

FONTE: LEMOS e SANTOS, (1984)

Desta forma, a disposição das transições entre os volumes também foram observadas e classificadas em quatro grupos, descritos no quadro 5.

QUADRO 5 – Disposição das transições entre os volumes

Denominação	Característica da transição
Transição horizontal ou plana	A faixa de separação dos horizontes é praticamente horizontal, paralela à superfície do solo
Transição ondulada ou sinuosa	A faixa de separação é sinuosa, sendo os desníveis, em relação a um plano horizontal, mais largos do que profundos
Transição irregular	A faixa de separação dos horizontes apresenta em relação a um plano horizontal, desníveis mais profundos do que largos
Transição descontínua ou quebrada	A separação entre os horizontes não é contínua, com partes de um horizonte parcial ou completamente desconectadas de outras partes desse mesmo horizonte

FONTE: LEMOS e SANTOS, (1984)

Assim, as possibilidades das transições entre os volumes foram classificadas conforme as disposições apresentadas na figura 11.

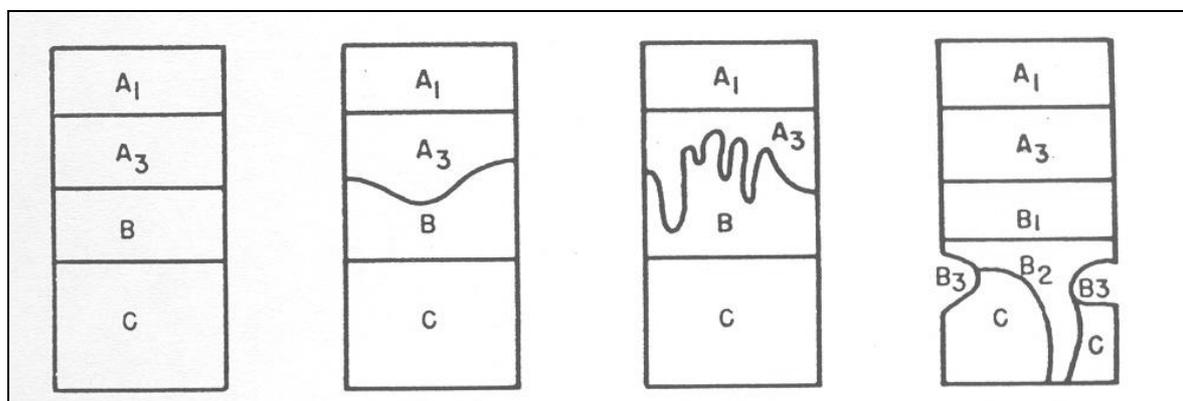


FIGURA 11 – Disposições das transições entre volumes pedológicos. Transição horizontal ou plana, ondulada ou sinuosa, irregular, e descontínua ou quebrada, da esquerda para a direita
FONTE: LEMOS e SANTOS (1984)

Após a identificação dos horizontes, bem como a delimitação de suas transições, seguiu-se para a descrição de suas características morfológicas. Foram levantadas e registradas cor, textura, estrutura, porosidade, ocorrência de cerosidade, e consistência dos horizontes.

Cor

A cor é uma das principais características a serem observadas na análise de um perfil. Além de ser essencial na diferenciação dos horizontes, a cor pode trazer indícios dos processos pedogenéticos que ocorrem nos horizontes. Pode ainda fornecer informações sobre as características do solo como: material originário e condições de drenagem, sendo elemento importante na diferenciação de classes de solos na maioria de seus sistemas de classificação (AZEVEDO e DALMOLIN, 2004).

Conforme Manfredini *et al.* (2005), a cor expressa a proporção dos diferentes constituintes da fase sólida do solo. Sendo seus principais constituintes minerais a argila e o quartzo. Este último, interagindo de maneira variada com os constituintes coloridos, como os óxidos de ferro e a matéria orgânica.

A cor pode também ser produto da condição de drenagem do solo: aqueles que apresentam cores vermelho ou vermelho-amarelada são solos bem drenados, que permitem a passagem da água pelo perfil, o que ocasiona a oxidação do ferro presente.

Entretanto, Azevedo e Dalmolin (2004) salientam que, quando a cor é acinzentada é um indicio da ausência de ferro oxidado, pela condição de saturação por água. Todavia a existência de cores cinzentas em matriz vermelha ou amarela, denominado de mosqueado, é indicadora de freqüente elevação e rebaixamento do lençol freático, ocasionando alternância de períodos de saturação (redução) e de insaturação (oxidação) no solo.

Além das variações laterais das cores dos solos, há diferenciações verticais ao longo do perfil. Os horizontes superiores tendem a apresentar coloração mais escura, devido ao maior teor de matéria orgânica. No entanto, os horizontes que se apresentam como fornecedores de argila e óxidos de ferro para os horizontes inferiores (denominados de horizontes eluviais) apresentam cores mais pálidas, devido à esta perda de material.

Assim como, os horizontes abaixo destes tendem a apresentarem cores com melhor definição, devido ao ganho de argila e óxidos de ferro dos horizontes superiores, e à falta de influência da matéria orgânica da superfície. Posto isto,

alguns exemplos de diferentes influências de materiais na cor do solo são apresentados no quadro 6.

QUADRO 6 – Influência de diferentes materiais na cor do solo

Material	Característica de cor
Matéria orgânica humificada	Apresenta cores que vão do negro, castanho escuro ao cinza escuro.
Óxidos e hidróxidos de ferro	Desenvolvem cores que vão do vermelho escuro (hematita), ao amarelo e bruno amarelado (goetita) em meio oxidante; e cinza ao cinza azulado ou esverdeado em meio redutor.
Óxidos de manganês	Aparecem como areia preta nos solos originados de rochas básicas. Sua caracterização pode ser feita com auxílio de imã comum. Desenvolve cores muito escuras, pretas e cinzas escuros a muito escuros, brilhante a opaca.
Argilas	São opacas e esbranquiçadas (incluindo a gibsita).
Areias	São translúcidas (quartzo), esbranquiçadas (feldspatos), escuras (turmalinas, dentre outras), opacas (manganês), etc.

FONTE: MANFREDINI *et al.*, (2005)

Para a determinação da cor do solo em campo foi utilizada a escala de cores para solos proposta por Munsell (2000). Esta escala trabalha com as cores puras e suas misturas proporcionais, partindo das cores primárias e classificando as misturas entre estas cores. Na tabela de cores para solos, cada uma das páginas corresponde a uma cor, chamada de matiz (*hue*). Depois de selecionada a cor (que corresponda à amostra), foi apurada a tonalidade ou valor (*value*).

Cada cor observada na escala Munsell (2000) possui um nome padronizado na língua inglesa, sendo que esta denominação possui correspondente em português. Neste contexto, a conversão foi realizada de acordo com Lemos e Santos (1984)¹⁶.

Entretanto, um volume pedológico pode apresentar manchas de outras cores, recebendo a denominação de mosqueado. Nesta situação, a cor de fundo

¹⁶ LEMOS, Raimundo Costa de; SANTOS, Raphael David dos. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 2ª edição; Campinas: SBCS, 1984. 46 p.

(cor matiz) deve ser determinada, assim como a cor apresentada pelas manchas. Assim, a anotação do arranjo do mosqueado ocorreu quanto a quantidade, quanto ao tamanho das manchas e quanto ao contraste das cores das manchas em relação à cor de fundo. As classes estipuladas para o arranjo são apresentadas nos quadros 7, 8 e 9.

QUADRO 7 – Quantidade de mosqueado

Denominação	Quantidade do mosqueado
pouco	área total menor que 2% da superfície do horizonte
comum	área total variando entre 2 a 20%
abundante	área total superior a 20%

FONTE: LEMOS e SANTOS, (1984)

QUADRO 8 – Tamanho do mosqueado

Denominação	Tamanho das manchas
pequeno	eixo maior inferior a 5 mm
médio	eixo maior de 5 a 15 mm
grande	eixo maior superior a 15 mm

FONTE: LEMOS e SANTOS, (1984)

QUADRO 9 – Contraste das cores do mosqueado

Denominação	Contraste de cores
difuso	mosqueado indistinto, reconhecido apenas com exame acurado. Matiz, valor e croma variam muito pouco em relação à cor da matriz do solo
distinto	mosqueado facilmente visível, sendo a cor da matriz do solo facilmente distinguida das cores do mosqueado. A matiz varia de uma a duas unidades e o valor e croma de algumas
proeminente	a diferença da cor da matriz do solo e as cores do mosqueado é de várias unidades em matiz, valor e croma

FONTE: LEMOS e SANTOS, (1984)

Textura

A textura é a propriedade relacionada à composição granulométrica dos constituintes do solo. Conforme seu tamanho, as partículas sólidas são divididas em classes granulométricas que mantêm relação com sua natureza mineralógica, determinando sua função no solo.

Nas atividades de campo foram adotadas as classes granulométricas usuais em descrições de solos em campo¹⁷. Esta escolha foi motivada pela facilidade de identificação e constatação destas classes por exames tácteis. Entretanto, nos procedimentos laboratoriais (descrito a seguir) adotou-se outra proposta de classes granulométricas, motivada pela maior segmentação e melhor detalhamento nas análises. Assim, para as atividades de campo, foram consideradas as classes granulométricas: argila, silte e a areia.

As argilas apresentam diâmetro inferior à 0,002mm. São partículas muito ativas, tanto física como quimicamente. Este fato se deve à sua pequena dimensão e à sua elevada superfície específica, bem como pela existência de cargas elétricas em sua superfície, produzindo a chamada propriedade coloidal.

No entanto, de acordo com Lepsch (2002) sua afinidade com a água e elementos químicos é considerada sua mais importante propriedade coloidal. Isto se deve ao fato desta propriedade permitir a reserva de nutrientes e de água no solo por meio das argilas.

Já o silte apresenta diâmetro entre 0,002 e 0,05mm. Segundo Manfredini *et. al.* (2005), ele é constituído essencialmente por minerais primários, e eventualmente por materiais secundários. Pode-se considerar que um alto teor de silte é resultado de baixa alteração pelo intemperismo químico no solo.

No que se refere à areia, esta apresenta diâmetro entre 0,05 a 2,0mm. Esta fração do solo é quimicamente inerte e constitui-se no 'esqueleto do solo', sendo algumas vezes constituída basicamente por quartzo. Para as frações mais grossas (maiores que 2,0mm de diâmetro) foram estabelecidas as denominações apresentadas no quadro 10. Já para as frações grossas, que por meio de

¹⁷ LEMOS, Raimundo Costa de; SANTOS, Raphael David dos. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 2ª edição; Campinas: SBCS, 1984. 46 p.

contornos arredondados, indiquem o sinal de rolamento, foi atribuída a denominação de seixo¹⁸.

QUADRO 10 – Frações mais grossas do solo

Denominação	Diâmetro
cascalho	entre 2,0mm a 2,0 cm
calhau	entre 2,0 cm a 20 cm
matacão	superior a 20 cm

FONTE: LEMOS e SANTOS, (1984)

Para a determinação da textura no campo foi realizado exame táctil de amostra saturada por água. Trabalhando as amostras entre os dedos (com o intuito de destruir os agregados) a massa de solo oferece aos dedos a sensação táctil de acordo com a granulação de seus componentes.

Neste contexto, a argila oferece no manuseio a sensação de plasticidade e pegajosidade, grudando nos dedos e permitindo o esticamento da massa de solo úmida. O silte oferece a sensação de sedosidade ao tato, apresentando relativa plasticidade, mas não grudando nos dedos. E, a areia, por apresentar grãos individuais, fornece a sensação de aspereza, não sendo a amostra pegajosa ou moldável.

Estrutura

Azevedo e Dalmolin (2004) inferem que a estrutura pode ser expressa como o arranjo das partículas de areia, silte e argila nos agregados do solo. Já, para Manfredini *et. al.* (2005), a estrutura, é uma característica morfológica do solo, que expressa a complexa interação entre os constituintes e os fatores de formação do solo.

Assim, a estrutura influencia no funcionamento do solo, definindo a geometria dos poros, onde a água circula ou é retida, e aonde ocorrem as trocas gasosas. De acordo com a forma da estrutura, os agregados podem ser

¹⁸ LEMOS, Raimundo Costa de; SANTOS, Raphael David dos. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 2ª edição; Campinas: SBCS, 1984. 46 p.

classificados como laminar, prismática, colunar, blocos angulares, blocos subangulares ou granular (Figura 12).

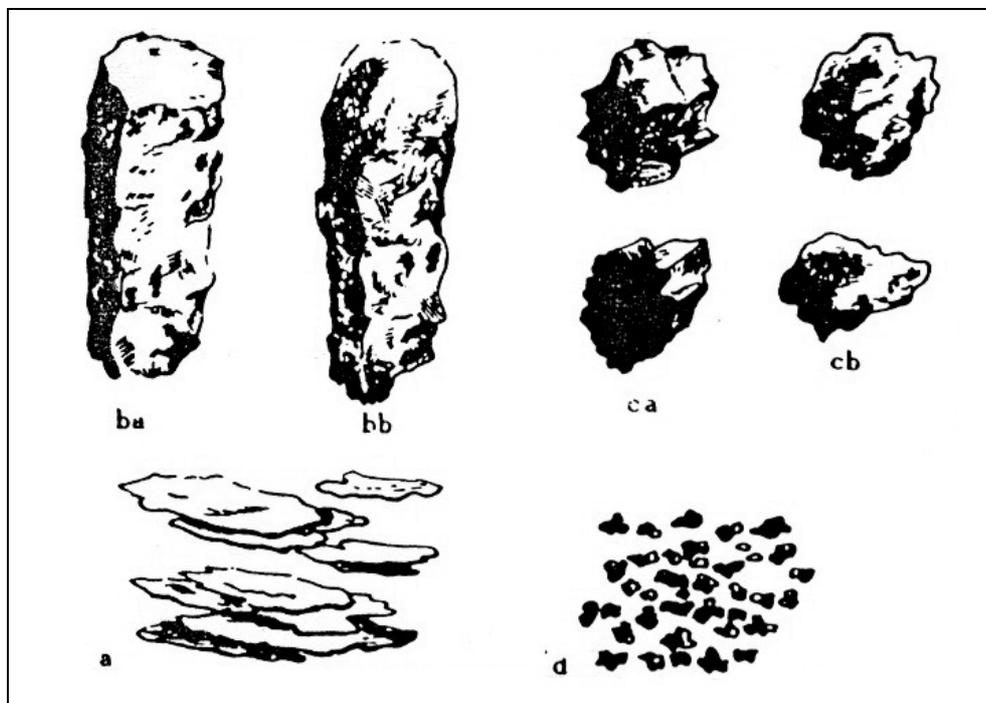


FIGURA 12 – Diferentes tipos de estrutura. a) laminar; ba) prismática; bb) colunar; ca) blocos angulares; cb) blocos subangulares e d) granular
 FONTE: LEMOS e SANTOS, (1984)

A estrutura laminar possui as partículas de solo agrupadas em um plano horizontal, com aspecto de lâminas e com espessura variável, mas com linha horizontal sempre de maior dimensão. A estrutura prismática tem as partículas de solo arranjadas em torno de uma linha vertical dominante, com os limites entre as superfícies verticais relativamente planas. A estrutura colunar apresenta, como a prismática, um eixo vertical dominante, porém seus limites entre as superfícies verticais apresentam-se arredondados.

Os blocos angulares apresentam as três dimensões aproximadamente iguais, com as faces planas e os vértices com ângulos vivos. Os blocos subangulares diferem dos angulares por possuírem mistura de faces planas e arredondadas, além de muitos vértices arredondados.

A estrutura granular confere às partículas do solo o aspecto arredondado, sem faces de contato, pois as partículas estão arranjadas em torno de um ponto. De acordo com a forma da estrutura, o tamanho é determinado seguindo o quadro 11.

QUADRO 11 – Tamanhos conforme a estrutura do solo.

		Tipos (Forma e arranjo dos agregados)					
classes	laminar: a lâmina é aquela em que as partículas do solo estão arrançadas em trono de uma linha horizontal. As unidades estruturais têm aspecto de lâminas, de espessura variável, porém a linha horizontal é sempre maior	prismática (forma de prisma): é um tipo em que predomina a linha vertical		bloco: com três dimensões da mesma ordem de magnitude, arrançadas em torno de um ponto.		forma e aspecto arredondado, porém não são faces de contato	
		sem a cabeça arredondada: prismática	com a cabeça arredondada: colunar	faces planas, a maioria dos vértices com ângulos vivos: blocos angulares	mistura de faces arredondadas e planas, com muitos vértices arredondados: subangulares	unidades de estruturas porosas granular	unidades de estruturas porosas esmiuçada
muito pequena	< 1 mm	< 10 mm	< 10 mm	< 5 mm	< 5 mm	< 1 mm	< 1 mm
pequena	1 a 2 mm	10 a 20 mm	10 a 20 mm	5 a 10 mm	5 a 10 mm	1 a 2 mm	1 a 2 mm
média	2 a 5 mm	20 a 50 mm	20 a 50 mm	10 a 20 mm	10 a 20 mm	2 a 5 mm	2 a 5 mm
grande	5 a 10 mm	50 a 100 mm	50 a 100 mm	20 a 50 mm	20 a 50 mm	5 a 10 mm	-
muito grande	> 10 mm	> 100 mm	> 100 mm	> 50 mm	> 50 mm	> 10 mm	-

FONTE: LEMOS & SANTOS, (1984).
 ORG: RAKSSA, (2006).

Porosidade

Ao partir-se do pressuposto de que o solo possui substâncias nas três fases (sólida, líquida e gasosa), a porosidade do solo corresponde aos espaços ocupados pelos materiais que estejam nas fases líquidas e gasosa. Desta forma Manfredini *et al.* (2005) escrevem que o solo constitui-se em uma interface entre a atmosfera, a litosfera e a biosfera, por permitir que a água, o ar e as soluções circulem ou sejam retidas.

De acordo com Lemos e Santos (1984) o diâmetro dos poros pode ser classificado em macroporo (iguais ou maiores que 0,06 mm) ou microporo (menores que 0,06 mm). A importância dos macroporos está da aeração e infiltração da água no solo, e dos microporos no armazenamento dela por meio da capilaridade.

A porosidade depende da textura dos materiais do solo, determinando a quantidade de micro e macroporos. Solos arenosos apresentam predomínio de macroporos, enquanto solos argilosos apresentam equilíbrio na distribuição de macro e microporos.

Outro fator que pode interferir na porosidade é o teor de matéria orgânica, pois esta interfere na melhoria da estruturação do solo. Conforme Azevedo e Dalmolin (2004) com o aumento da profundidade, a diminuição da matéria orgânica, associado a maior proximidade entre as partículas causa a redução na porosidade total do solo.

No campo, a porosidade foi classificada pelo tamanho dos poros. A estimativa, à olho nu, ou com a ajuda de lupa de aumento de, no máximo, 10 vezes. Os agrupamentos utilizados (quanto à medição da porosidade) são apresentados quadro 12.

Cerosidade

Lemos e Santos (1984) inferem que a cerosidade é o aspecto brilhante e ceroso que pode ser encontrado na superfície das unidades de estrutura, por meio de um brilho matizado. É produto da deposição de material coloidal em

forma de película na superfície das unidades estruturais, sendo este material constituído por minerais de argila e óxido de ferro.

QUADRO 12 – Tamanho dos poros

Denominação	Diâmetro dos poros
sem poros visíveis	não apresenta poros visíveis, mesmo com a lupa
muito pequenos	inferiores a 1mm.
pequenos	entre 1mm. a 2mm.
médios	entre 2mm. a 5mm.
grandes	entre 5mm. a 10mm.
muito grandes	superior a 10mm.

FONTE: LEMOS e SANTOS, (1984)

Consistência

Como nos indica Manfredini *et al.* (2005) a consistência expressa a resistência da estrutura do solo à deformação. A consistência é condicionada pela natureza das interações físicas e químicas que se estabelecem entre seus constituintes. Para Lemos e Santos (1984) ela pode também apresentar variação de acordo com a umidade, a textura, a matéria orgânica, a quantidade e a natureza do material coloidal, a estrutura e com o tipo de cátion absorvido.

No campo realizou-se a determinação da consistência do solo seco, caracterizando dureza e tenacidade, comprimindo um torrão entre o polegar e o indicador. As classes de consistência que foram adotadas, bem como sua característica de diferenciação, são apresentadas no quadro 13.

De acordo com a proposta de Collinet (1969), para as análises das linhas de pedra, foram observadas determinadas características. São elas: a natureza do material, a disposição do material no perfil, a adaptação à topografia e a posição geográfica.

Quanto aos materiais constituintes, as stone-lines podem ser constituídas de fragmentos de materiais pouco alteráveis ou materiais pouco alterados (como detritos de crostas ferruginosas). A espessura da concentração dos seixos é variável: entre menos de um centímetro a mais de um metro. Os fragmentos

praticamente não apresentam ângulos vivos, mas geralmente subangulosos à subarredondados no que se refere ao quartzo.

QUADRO 13 – Graus de consistência do solo seco

Denominação	Característica
solto	não coerente entre o polegar e o indicador
macio	a massa de solo é fracamente coerente e frágil, quebrando-se em material pulverizado ou grãos individuais sob pressão muito leve
ligeiramente duro	fracamente resistente à pressão, sendo facilmente quebrável entre o polegar e o indicador
duro	moderadamente resistente à pressão, podendo ser quebrado com as mãos, mas dificilmente quebrável entre o polegar e o indicador
muito duro	muito resistente à pressão. Somente com dificuldade pode ser quebrado nas mãos
extremamente duro	extremamente resistente à pressão, não podendo ser quebrado com as mãos

FONTE: LEMOS e SANTOS (1984)

A distribuição vertical dos elementos de um perfil ou de uma *stone line* foram realizados à partir dos três intervalos, determinados pelos horizontes A, B e C. No horizonte A, que é composto de materiais de diversas medidas de diâmetro (desde a areia até a argila), os fragmentos de grande tamanho são raros, mas podem existir as vezes como blocos isolados.

No horizonte B são encontradas a maior parte das *stone-lines*, geralmente próximo do contato entre o horizonte B e o C, sendo o horizonte C a zona de alteração da rocha.

Para a adaptação das linhas de seixos à topografia, ela pode apresentar uma disposição regular, ou bem ondulada. Mas geralmente ocorrem de maneira a acompanhar a topografia atual, à uma profundidade variável.

3.2. PROCEDIMENTOS DE LABORATÓRIO

Das trincheiras que compõem a toposseqüência fazenda Canguiri foram coletadas amostras dos horizontes identificados, para realizar análises granulométricas. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Estudos Sedimentológicos e Petrologia Sedimentar da Universidade Federal do Paraná (LabESed – UFPR).

Utilizou-se o método da pipetagem para a determinação das classes mais finas (pelitos), enquanto as classes mais grossas foram determinadas por meio do peneiramento. As classes granulométricas utilizadas em laboratório são apresentadas no quadro 14.

QUADRO 14 – Classes de diâmetro utilizadas na medição

Classe granulométrica	Diâmetro (mm)	Diâmetro (Φ)
Grânulos		
Grânulo	4 – 2,8	-2,0 – (-1,5)
	2,8 – 2,0	-1,5 – (-1,0)
Areias		
Areia muito grossa	2,0 – 1,4	-1,0 – (-0,5)
	1,4 – 1,0	-0,5 – 0,0
Areia grossa	1,0 – 0,71	0,0 – 0,5
	0,71 – 0,5	0,5 – 1,0
Areia média	0,5 – 0,35	1,0 – 1,5
	0,35 – 0,25	1,5 – 2,0
Areia fina	0,25 – 0,177	2,0 – 2,5
	0,177 – 0,125	2,5 – 3,0
Areia muito fina	0,125 – 0,088	3,0 – 3,5
	0,088 – 0,062	3,5 – 4,0
Siltes e argilas		
Silte grosso	0,062 – 0,031	4,0 – 5,0
	0,031 – 0,016	5,0 – 6,0
Silte fino	0,016 – 0,008	6,0 – 7,0
	0,008 – 0,004	7,0 – 12,0
Argila	<0,004	>12,0

Método da Pipetagem

Para cada uma das amostras foram utilizadas 50 gramas de solo.

a) Umedecimento e Homogeneização: Inicialmente, ocorre o processo de umedecimento e homogeneização do material.

b) Eliminação de matéria orgânica: A eliminação da matéria orgânica é realizada através do tratamento com água oxigenada (H_2O_2), a qual é eliminada na forma de gás carbônico (CO_2).

A retirada da matéria orgânica da amostra é de grande importância à análise laboratorial, pois na verificação da granulação por pipetagem a matéria orgânica toma o comportamento dos elementos finos, como a argila, alterando o resultado.

c) Secagem da amostra: Depois de retirada da matéria orgânica, a amostra foi alocada para secagem em estufa, até no máximo $40^\circ C$. Neste processo objetivou-se a eliminação da umidade.

d) Utilização de defloculante: Com a retirada da umidade, a amostra pôde receber a substância defloculante. Com este processo tem-se como meta evitar a aglutinação grãos, principalmente os de argila, os quais contém características que privilegiam seu agrupamento. Como defloculante utilizou-se o pirofosfato de potássio ($K_4P_2O_7$), na quantidade de 0,5 gramas para cada 50 gramas de amostra.

d) Adição de água: Depois de desagrupados os minerais que pudessem interferir na medição dos materiais de pequena granulação com o defloculante, foi completada à amostra 500 mililitros de água deionizada, tratada para que os íons ativos e interferentes à medição de granulação fosse substituídos por íons inertes.

e) Agitação, descanso e retirada das amostras: A amostra com água e defloculante foi colocada em uma proveta para ser agitada, e depois do término da agitação iniciou-se a contagem do tempo para retirada das amostras por pipetagem.

As amostras foram retiradas por pipetagem por alíquotas de 20ml., de acordo com a seqüência de profundidades e tempos apresentados no quadro 15. Depois de retiradas da proveta, as amostras foram depositadas em potes para secagem e posterior pesagem em balança de precisão, para indicação dos elementos finos.

QUADRO 15 – tempos e profundidades de coletas de amostras por pipetagem

Número da coleta por pipetagem	Tempo da coleta	Profundidade da coleta
1	58 segundos	20 cm.
2	3 minutos e 52 segundos	20 cm.
3	7 minutos e 44 segundos	10 cm.
4	31 minutos	10 cm.
5	2 horas e 3 minutos	10 cm.

f) Lavagem por elutrição: prosseguimento da análise granulométrica, com a quantificação das frações mais grossas (areias e grânulos) procedeu-se a remoção dos pelitos, por processo de lavagem denominada elutriação, ou 'lavagem contra a corrente'.

Neste procedimento o material foi depositado em um funil que recebe corrente de água pelo orifício inferior. Este processo ocasiona o transbordamento da água que carrega os materiais pelíticos (que são mantidos em suspensão até saírem com a água, pela parte superior) e preserva no funil os materiais de maior granulação (mais resistentes à força da água corrente).

Método do Peneiramento

A utilização deste método obteve-se a separação e quantificação dos materiais mais finos existentes nas amostras. De forma seqüencial tem-se:

a) Peneiramento: o material foi depositado em uma série de peneiras no agitador, das quais cada uma corresponde ao diâmetro limite entre as classes estabelecidas.

b) Quantificação do material: Com o material separado pelas peneiras de acordo com a granulação, a quantificação ocorre por meio da pesagem em balança de precisão.

4. DADOS OBTIDOS

4.1. A ÁREA DE ESTUDO: PRIMEIRO PLANALTO PARANAENSE, BACIA SEDIMENTAR DE CURITIBA, UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA GUABIROTUBA.

O estado do Paraná está dividido em cinco unidades morfoestruturais, de leste para oeste: a Planície Litorânea, a Serra do Mar paranaense, e a seqüência de três planaltos, que recebem as denominações de Primeiro, Segundo e Terceiro planalto (MAACK, 1962). A área de estudo situa-se na bacia sedimentar de Curitiba, a qual faz parte do Primeiro Planalto Paranaense, também denominado de Planalto de Curitiba (Figura 13).

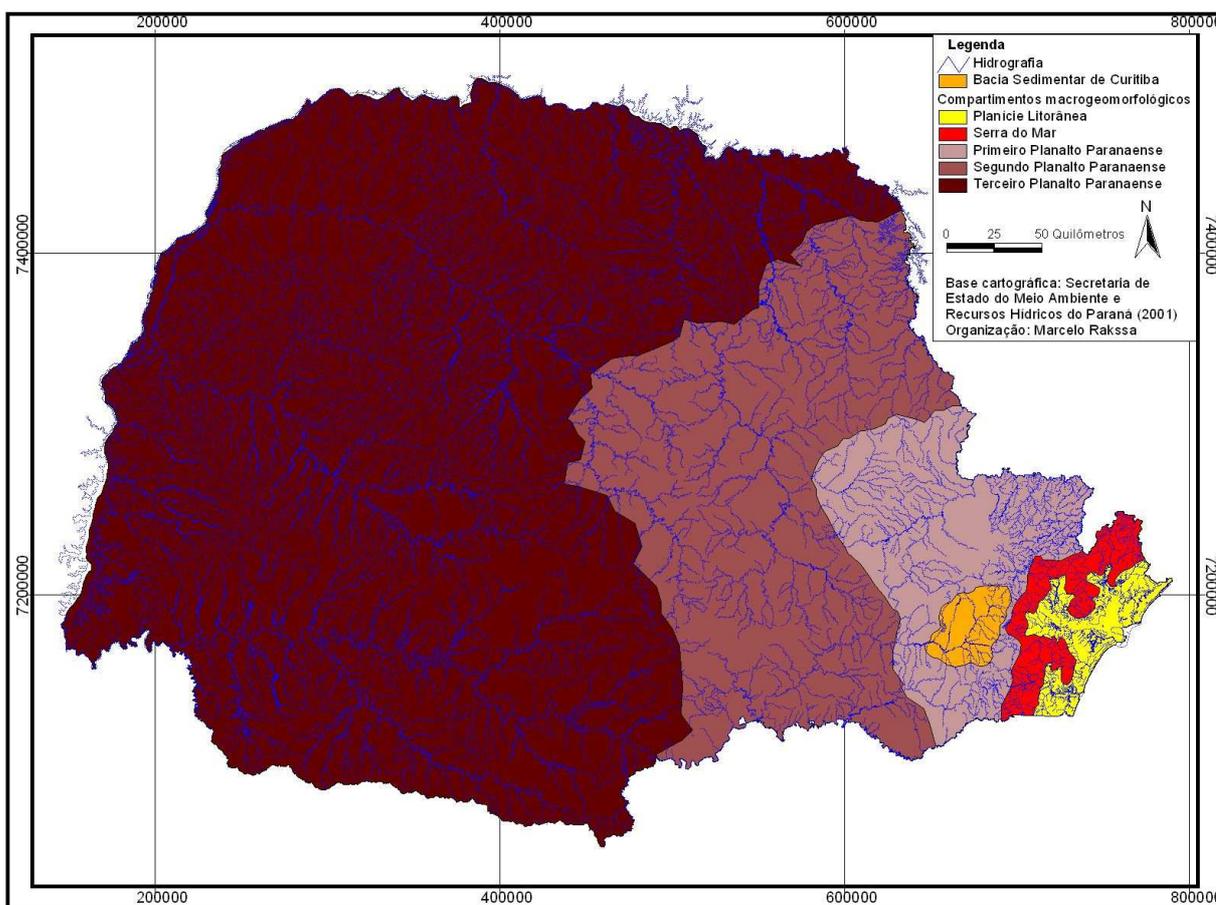


FIGURA 13 – Compartimentos macrogeomorfológicos do estado do Paraná e localização da bacia sedimentar de Curitiba

Este compartimento limita-se à leste com a Serra do Mar paranaense, e à oeste com a escarpa de São Luis do Purunã, composta por rochas de idade devoniana, como o Arenito Furnas. A bacia sedimentar de Curitiba localiza-se no setor sul do Primeiro Planalto Paranaense, em área onde está localizada a grande parte da cidade de Curitiba.

O Primeiro Planalto caracteriza-se por uma ampla superfície de erosão, denominada de superfície do Alto Iguaçu, superfície interplanáltica terciária (ALMEIDA, 1955 *apud* AB`SÁBER e BIGARELLA, 1961)¹⁹. Embutida nesta encontra-se a superfície de Curitiba (Figura 14) que, apesar de parecer se confundir com a superfície do Alto Iguaçu, é bem mais moderna, estando a sua base escavada na superfície de erosão mais antiga (AB`SÁBER e BIGARELLA, 1961).

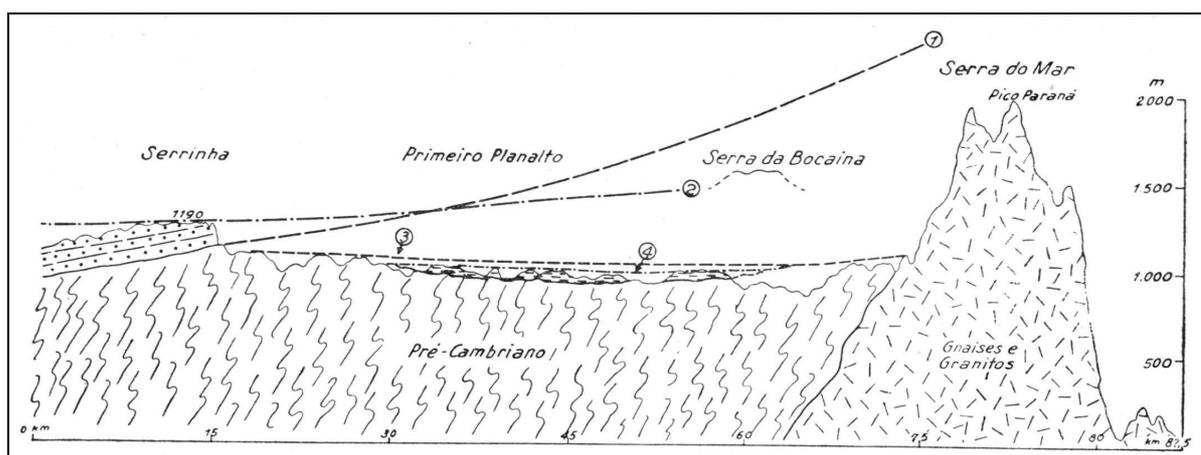


FIGURA 14 – Superfícies do Primeiro Planalto Paranaense: 1 – Paleoplano pré-Devoniano; 2 – Superfície do Purunã (Pd3 / Cretáceo Superior); 3 – Superfície do Alto Iguaçu (Pd2 – Terciário Médio); 4 – Superfície de Curitiba (Pd1 / Plioceno)

FONTE: AB`SÁBER e BIGARELLA, (1961)

Para estes autores, a gênese da superfície de Curitiba é um tanto complexa e se sucedeu por meio da escavação da superfície do Alto Iguaçu. Esta escavação teria ocorrido em clima úmido, por uma drenagem ramificada, seguida de uma notável e rápida alteração climática. Este fato desencadeou uma sedimentação local generalizada, com o preenchimento dos fundos dos vales mais antigos, e encobrindo os interflúvios mais baixos.

¹⁹ ALMEIDA, F. F. M. de; As camadas de São Paulo e a Tectônica da Serra da Cantareira. In: **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**. São Paulo: SBG, nº.2, 1955.

Junto à esta alteração climática, houveram deformações tectônicas ligeiras, pelas quais houve o 'embaciamento' local. Esta barragem tectônica no setor da drenagem do Alto Iguaçu provocou o aumento na extensão e o espessamento das camadas sedimentares da bacia de Curitiba.

Ao se considerar os processos dominantes na erosão e na deposição dos sedimentos da formação Guabirota, pode-se atribuir relativa importância para as características climáticas pretéritas, no que tange à origem da bacia sedimentar de Curitiba,

Para Bigarella e Salamuni (1958a) durante o Pleistoceno, por volta de um milhão de anos, as condições climáticas conferiam à região de Curitiba clima semi-árido. Neste período a paisagem apresentava um aspecto desértico, com rochas pré-cambrianas expostas, cobertas apenas por seixos angulosos de tamanhos variados.

Bigarella e Salamuni (1958b) complementam que, a presença de depósitos de arcósios e sua quantidade indicam que o intemperismo químico não agiu de forma efetiva durante várias etapas da deposição dos sedimentos. Assim, o aspecto 'pedregoso' (conglomeráticos) atribuído a alguns dos elementos encontrados seria resultado da predominância do intemperismo físico, principalmente sobre as rochas do complexo cristalino, que nas bordas da bacia sedimentar de Curitiba compõem a Serra do Mar.

Conforme as evidências retiradas da configuração dos sedimentos que compõem a bacia sedimentar de Curitiba, Bigarella, Salamuni e Ab'Sáber (1961) propuseram a evolução da paisagem no tempo da deposição da Unidade litoestratigráfica Guabirota. Para os autores a formação Guabirota iniciou-se com a origem da superfície de aplainamento do alto Iguaçu, seguida de uma fase erosiva em clima úmido, que dissecou a superfície original, produzindo um vale largo, correspondente ao curso de seu rio principal, o rio Iguaçu.

Mesmo sendo largo, o vale do Iguaçu era relativamente raso, acompanhado por vales laterais menores. Esta fase úmida foi suspensa por troca climática, passando para clima do tipo semi-árido com chuvas concentradas em determinadas épocas. O clima era determinante nos aspectos vegetacionais e de erosão, pois as chuvas episódicas tornaram a cobertura vegetal inefetiva, expondo a superfície do solo a uma erosão mais intensa.

Desta configuração surgiam as enxurradas em lençóis, que arrastavam os sedimentos pelas vertentes na forma de rios de lama. Este arraste acontecia sem seleção do material transportado, os quais eram depositados na primeira quebra de gradiente. Com isso, grande parte do material que constitui a Unidade litoestratigráfica Guabirotuba foi originado a partir da decomposição química em clima úmido das rochas pré-cambrianas do Primeiro Planalto Paranaense, e transportados e depositados em clima semi-árido.

Das chuvas torrenciais ocasionais resultaram a remoção da parte mais alterada do regolito, expondo à erosão a rocha parcialmente alterada. A exposição de parte do embasamento provocava o fornecimento de fragmentos, sob o ataque do intemperismo mecânico. (Bigarella *et al.* 1961)

Após o período semi-árido, o retorno à um novo período úmido, mais acentuado, provocou a dissecação do relevo, e esculpiu os sedimentos restantes da fase anterior, originando níveis intermediários na forma de terraços.

Com o modelado já construído, em fase sub-atual, ocorreu uma derradeira oscilação climática, passando do úmido ou sub-úmido para o clima seco ou semi-árido, que segundo Bigarella *et al.* (1961), originaram nas vertentes níveis de pavimentos detríticos, descontínuos, compostos de pequenos seixos e fragmentos retrabalhados de cascalhos antigos.

Para estes autores, a cobertura superior constitui-se de partículas de solifluxão relacionadas a decomposição das saliências que geraram material residual para cobrir estes pavimentos detríticos com material fino, concomitante à expansão das florestas de pinheiros do Paraná.

Estas oscilações climáticas, analisadas por Bigarella (1964), se mostraram profundas e extremas, com fases semi-áridas em que predominaram erosão mecânica originando superfícies planas de erosão como os pedimentos; e fases úmidas, com predomínio de erosão química e a formação de espessos regolitos.

Neste contexto, segundo Bigarella *et al.* (1994), os materiais que compuseram a bacia sedimentar de Curitiba foram fornecidos pelas áreas de intemperização das rochas graníticas situadas a leste e a nordeste, assim como pelas áreas correspondentes aos materiais da Unidade litoestratigráfica Açunguí, ao norte da bacia de Curitiba.

Bigarella *et al.* (1961) inferiram ainda que a bacia de Curitiba é preenchida com duas formações sedimentares, produto de diferentes fases de deposição. A mais antiga destas formações constituiu-se principalmente por argilas e arcósios, que neste trabalho recebeu a denominação de 'formação Guabirota. Já a mais recente compreende os depósitos das planícies de inundação e os baixos terraços que margeiam as várzeas holocênicas.

Bigarella e Salamuni (1962) diferenciaram a bacia de Curitiba em três grandes unidades geológicas distintas: o embasamento cristalino (sobre o qual estão assentadas outras duas unidades geológicas), os depósitos considerados do Quaternário antigo (Unidade litoestratigráfica Guabirota), e os sedimentos mais recentes, datados no Holoceno, (relacionado aos atuais rios da bacia de Curitiba).

Ainda de acordo com Bigarella e Salamuni (1962), o embasamento cristalino, é constituído por unidades litoestratigráficas pré cambrianas de idade incerta. Estas unidades são compostas predominantemente por gnaisses associados com quartzitos de granulação variada, muitas vezes cortadas por diques de diabásio. Para estes autores, as rochas do embasamento constituiriam a fonte dos sedimentos da formação Guabirota e dos sedimentos holocênicos. Salamuni *et al.* (1997) detalham o embasamento em 5 domínios litológicos, sendo eles:

a) metabasitos, anfibólitos e metaultrabasitos; b) corpos gnáissicos-graníticos; c) subordinadamente, xistos, quartzitos finos e supostos paragneisses com diferenciados quartzo-feldspáticos; d) migmatitos indiferenciados; e e) corpos graníticos anatóxicos, bem como granitos alcalinos a subalcalinos da Serra do Mar, entremeados por xistos, gnaisses e granulitos (SALAMUNI *et al.*, 1997).

Os sedimentos holocênicos, unidade mais recente da bacia de Curitiba, constituem-se nas várzeas de inundação dos rios atuais. Estes depósitos, não apresentando nenhum grau de consolidação, são formados predominantemente por argilas e areias, variando entre finas a extremamente mal selecionadas, argilas turfosas, além dos cascalhos, menos comuns.

Segundo Bigarella e Salamuni (1962) os depósitos de várzeas apresentam um contraste litológico com os sedimentos mais antigos da bacia, pela ausência de grãos de feldspato, e seixos. Estes depósitos podem ser encontrados sobre os

sedimentos da formação Guabirotuba, porém a maior parte das ocorrências jazem diretamente sobre o embasamento cristalino. Suas altitudes variam entre 870 até 970 metros, com espessura não excedendo a marca dos 15 metros (CANALI e MURATORI, 1981).

O mapa geológico da bacia sedimentar de Curitiba e arredores (Figura 15), publicado por Salamuni *et al.* (1997) contempla a diversidade de rochas metamórficas que compõem o embasamento, também sendo cartografada a formação Guabirotuba em sua extensão, e delimitada a ocorrência dos terrenos aluvionares em detalhe.

A Unidade litoestratigráfica Guabirotuba, ao ser caracterizada por Bigarella e Salamuni (1962), foi individualizada por apresentar uma constituição litológica típica. Esta constituição litológica diferenciava-se dos depósitos holocênico de várzea, apresentando uma nítida discordância sobre as rochas do embasamento.

Os sedimentos da formação Guabirotuba constituem-se em unidades perfeitamente mapeáveis quer por sua distribuição ou por suas relações com as outras formações constituem-se em um conjunto de leques aluvionares e de depósitos fluviais, que dificilmente ultrapassam a profundidade de 60 metros.

Para Bigarella e Salamuni (1962), os sedimentos não são consolidados, ou então são fracamente endurecidos por carbonato de cálcio. Quanto aos componentes litológicos, as argilas apresentam-se mais comumente, seguidos pelos arcósios, os depósitos rudáceos e, mais esporadicamente as margas (apresentando-se na forma de concreções e impregnações nos argilas, possuindo alto teor de carbonato de cálcio).

Por apresentarem pouco desenvolvimento, tanto na seleção quanto na estratificação dos sedimentos, as unidades estratigráficas são lenticulares com acunhamentos laterais, com a exceção das argilas (BIGARELLA e SALAMUNI, 1962).

Com base em sondagens realizadas em diversos locais da área de abrangência da Unidade litoestratigráfica Guabirotuba, Bigarella e Salamuni (1962) atribuiriam pequenas espessuras às argilas na periferia da bacia Sedimentar. Entretanto nas partes centrais da bacia, estes materiais apresentam-se com um desenvolvimento de espessuras maiores, associadas a maiores profundidades.

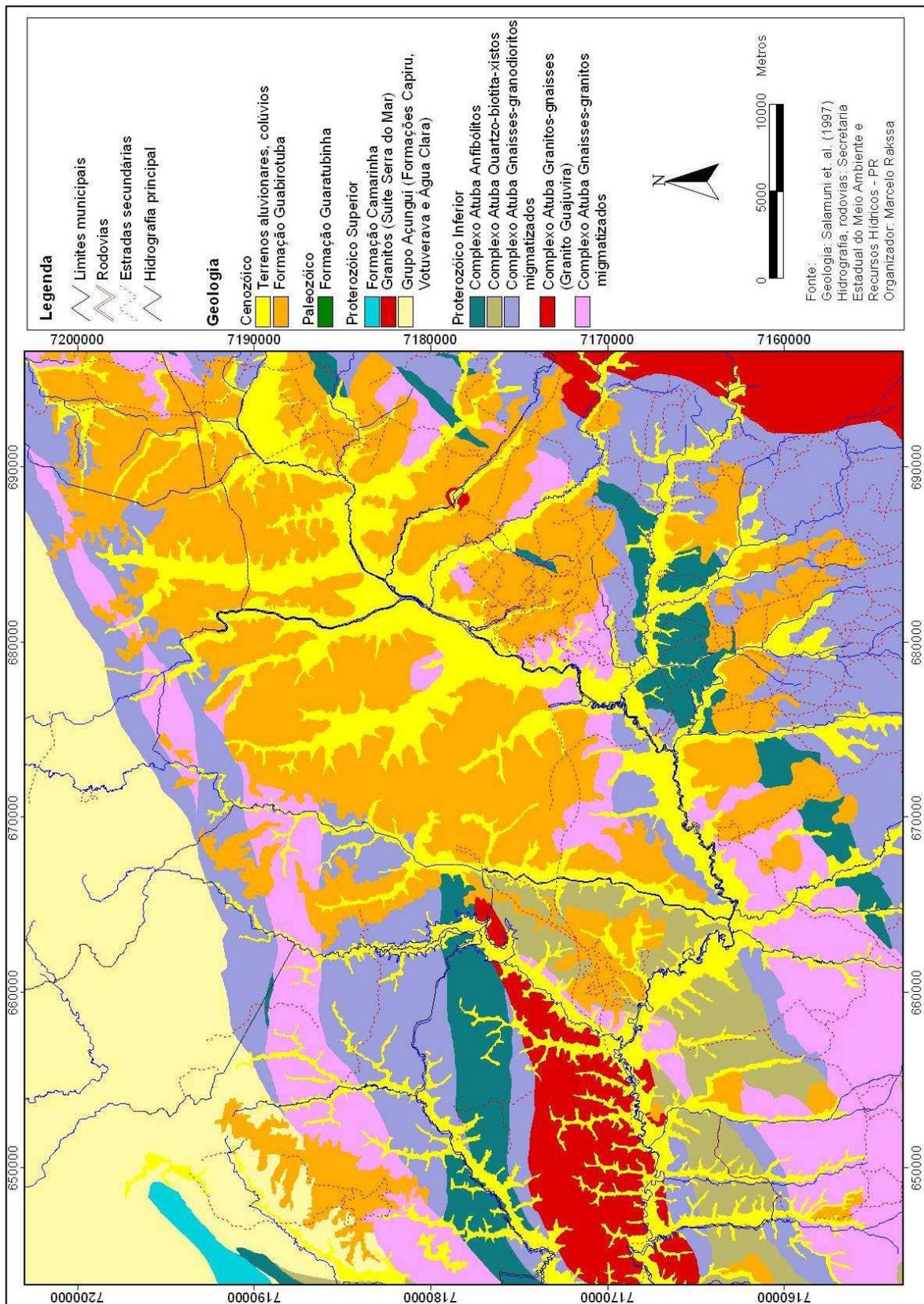


FIGURA 15 – Mapa Geológico da bacia sedimentar de Curitiba e arredores

FONTES: SALAMUNI *et al.*, 1997

Estas sondagens também indicaram as variações laterais e verticais dos depósitos, causadas pelas oscilações climáticas ocorridas no período de origem e deposição dos sedimentos. Salamuni *et al.* (1997) procuraram determinar o contorno estrutural do embasamento da bacia, a profundidade, o preenchimento sedimentar e a definição da forma geométrica das áreas de maior profundidade. Para isto, estes autores, integram dados de superfície e subsuperfície, processados por métodos estatísticos.

Como resultado, observa que a bacia de Curitiba é constituída por uma calha estrutural principal no embasamento, apresentando alongamento na direção nordeste sudoeste (NE-SW), com pequena profundidade. (Figura 16).

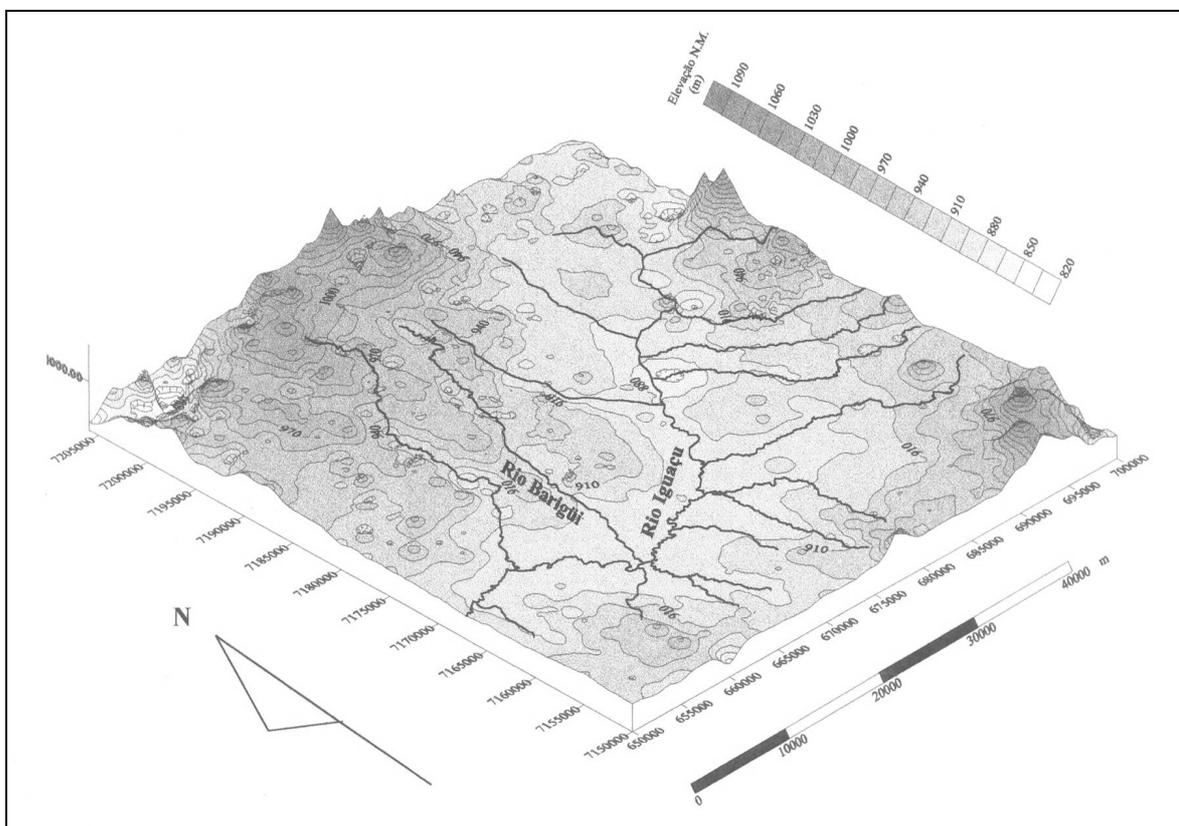


FIGURA 16 – Bacia sedimentar de Curitiba: Superfície topográfica vista em Modelo Digital do Terreno (MDT)

FONTE: SALAMUNI *et al.*, (1997)

Neste mesmo processo, detectou-se também a ocorrência de altos intermediários ou intervenientes que, segundo os autores, podem corresponder a blocos do embasamento adernados ou expostos, promovendo o isolamento de depressões de dimensões relativamente reduzidas (Figura 17).

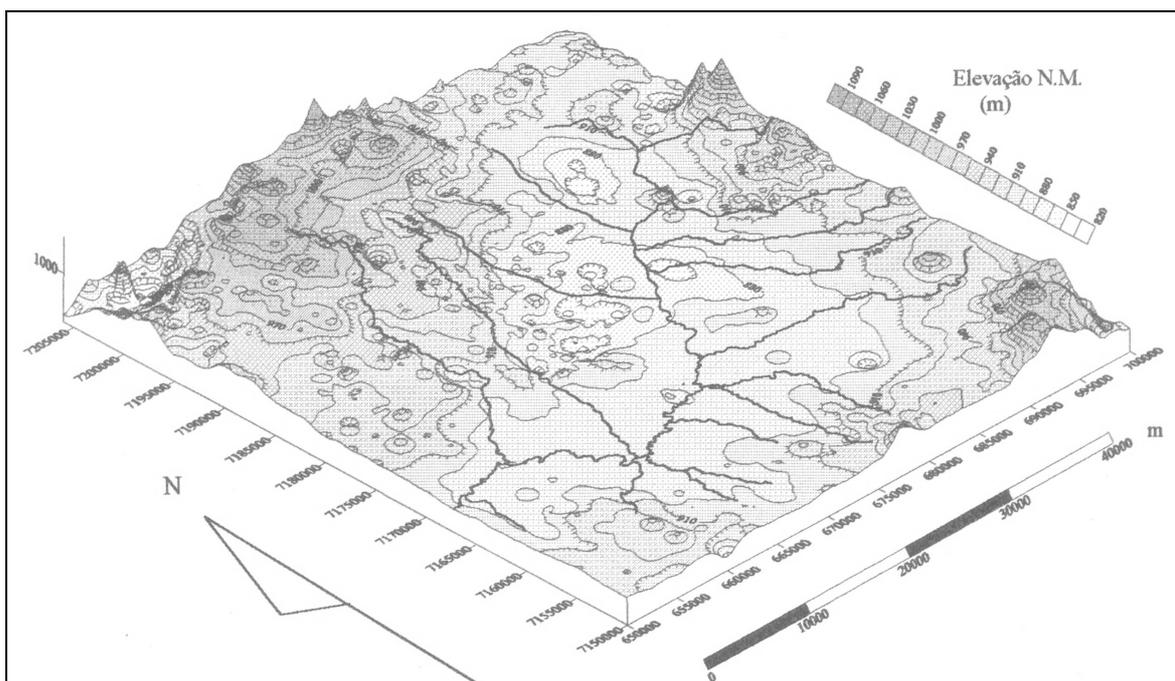


FIGURA 17 – Bacia sedimentar de Curitiba: Embasamento cristalino vista em Modelo Digital do Terreno (MDT)

FONTES: SALAMUNI *et al.*, (1997)

As altitudes mínimas que a calha da bacia apresenta são de 820 metros de altitude, com altitudes médias aproximadas de 870 metros. Todavia as ombreiras aflorantes apresentam altitudes médias entre 890 e 900 metros, com áreas mais altas a leste e sudoeste, de até 1.140 metros, representadas pelas vertentes orientais da Serra do Mar.

Através da espacialização dos dados de análises estratigráficas (Figura 18), Salamuni (1998) inferiu sobre a distribuição dos sedimentos no interior da bacia de Curitiba. Este autor observou que, os sedimentos grossos (rudáceos ou conglomeráticos) predominam nas porções periféricas da bacia sedimentar, enquanto que na porção central há o predomínio de sedimentos mais finos, entre eles depósitos de argilas.

Em pesquisa desenvolvida por Ab'Sáber (1966), a região de Curitiba é descrita como um compartimento de planalto colinoso, no qual estendem-se colinas, terraços e amplas planícies de inundação. Estes elementos formam um conjunto de relevo com formas muito suaves, originalmente compostas em uma paisagem com campos de altitudes entremeadas por pequenos bosques de Araucárias.

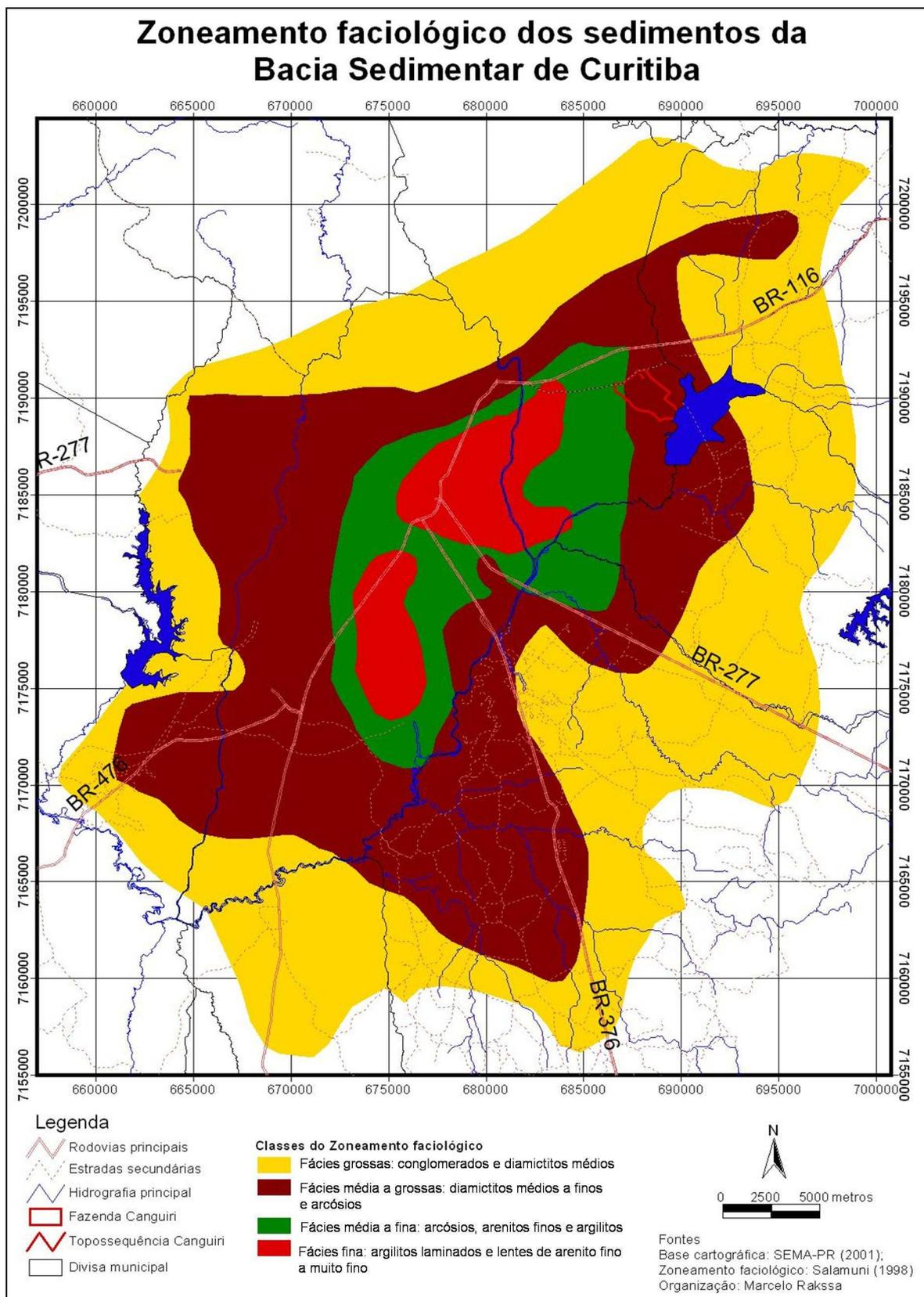


FIGURA 18 - Zoneamento faciológico dos sedimentos da bacia sedimentar de Curitiba
FONTE: SALAMUNI, (1998)

Seus interflúvios mais elevados são divisores de águas, com topos planos e suaves, situados entre os vales dos afluentes do rio Iguaçu. Abaixo das colinas curitibanas estão as rampas e vertentes suaves que ligam os topos aos terraços e as planícies. Ab'Sáber (1966) ainda observa que, a área de colinas curitibanas tem ao seu entorno relevos mais energéticos, com vertentes convexas bem marcadas e com rochas profundamente alteradas por muitos metros de profundidades, em relevos de 'mares de morros'.

Quanto à topografia da região de Curitiba, Canali e Muratori (1981) consideram-na pouco acidentada. O relevo atual é constituído por amplas colinas articuladas por talwegues baixas altitudes por meio de uma sucessão de patamares de declividade inferior a 6%.

As encostas são dissecadas por talwegues menores, separando os pedimentos remanescentes. Os vales apresentam-se abertos, com fundo plano, com alguns trechos da drenagem afluente do rio Iguaçu correndo diretamente sobre o embasamento, formando vales mais esculpidos e mais profundos.

Para Salamuni *et al.* (2004), no planalto de Curitiba os pedimentos resultantes da erosão interna e nos arredores da bacia sedimentar (além dos traços principais da morfologia) resultam em feições facilmente reconhecidas nos modelos digitais de elevação.

Estes domínios são representados por diferentes sistemas de relevo, correspondendo a unidades homogêneas com as características morfológicas que seguem:

I - Sistema de planície ou terrenos aluvionais: planície de várzea ou de inundação, com depósitos sedimentares pouco entalhados e freqüentes terrenos alagadiços;

II - Sistema de colinas de topo alongado: relevo de colinas alongadas nas direções N-S e NE-SW, com escarpas mais baixas, entalhamento relativo e dissecação lenta, ainda em desenvolvimento e com presença de rede de drenagem de densidade média;

III - Sistema de colinas de topo plano: relevo de colinas com formas arredondadas, tipo meia-laranja, de vertentes suaves, em geral côncavas, com entalhamento e dissecação pouco profunda, mas com densa rede fluvial;

IV - Sistema de montanha: relevo montanhoso, com escarpas altas e vertentes côncavo-convexas, entalhamento profundo,

pouca dissecação, preenchimento de canais e pequenos topos tabulares, mas com grande quantidade de picos. A drenagem é densa, pouco orientada, com exceção dos segmentos principais; V - Sistema de morros: relevo de morros com cristas estreitas e alongadas geralmente orientadas segundo NE-SW e, em menor escala, para NW-SE, intermeados por regiões de topografia arrasada, do tipo colinosa alongada. Também é comum a ocorrência de relevo cárstico, que possui feições de dissolução, sumidouros, depressões e dolinas e entalhamento profundo formando rede de drenagem orientada e menos densa em relação ao embasamento migmatítico. (SALAMUNI *et al.*, 2004, p. 471-472)”

No levantamento morfoestrutural-morfoescultural do estado do Paraná, realizado pela MINEROPAR (2006), a bacia sedimentar de Curitiba corresponde ao compartimento geomorfológico denominado de ‘Planície do Alto Iguaçu’.

Este compartimento geomorfológico é caracterizado pela baixa dissecação do relevo, com predomínio de declividades próximas a 6%, gradientes de 120m com altitudes variando entre 880 e 1000 metros sobre o nível do mar. As formas predominantes são os topos alongados e aplainados, vertentes convexas que se articulam às planícies fluviais por rampas suaves, vales em “V” sobre os sedimentos da formação Guabirota e rochas do Complexo Gnáissico migmatítico.

Com origem nos dados planialtimétricos e tratamento estatístico, trabalhando com curva hipsométrica, Riffel (2005) identifica a paleosuperfície 1 (Ps1). Esta seria equivalente a superfície de Curitiba (Pd1), relacionada ao fechamento da sedimentação da bacia sedimentar de Curitiba. A autora produz o Mapa Preditivo da ocorrência da paleosuperfície de Curitiba (Figura 19).

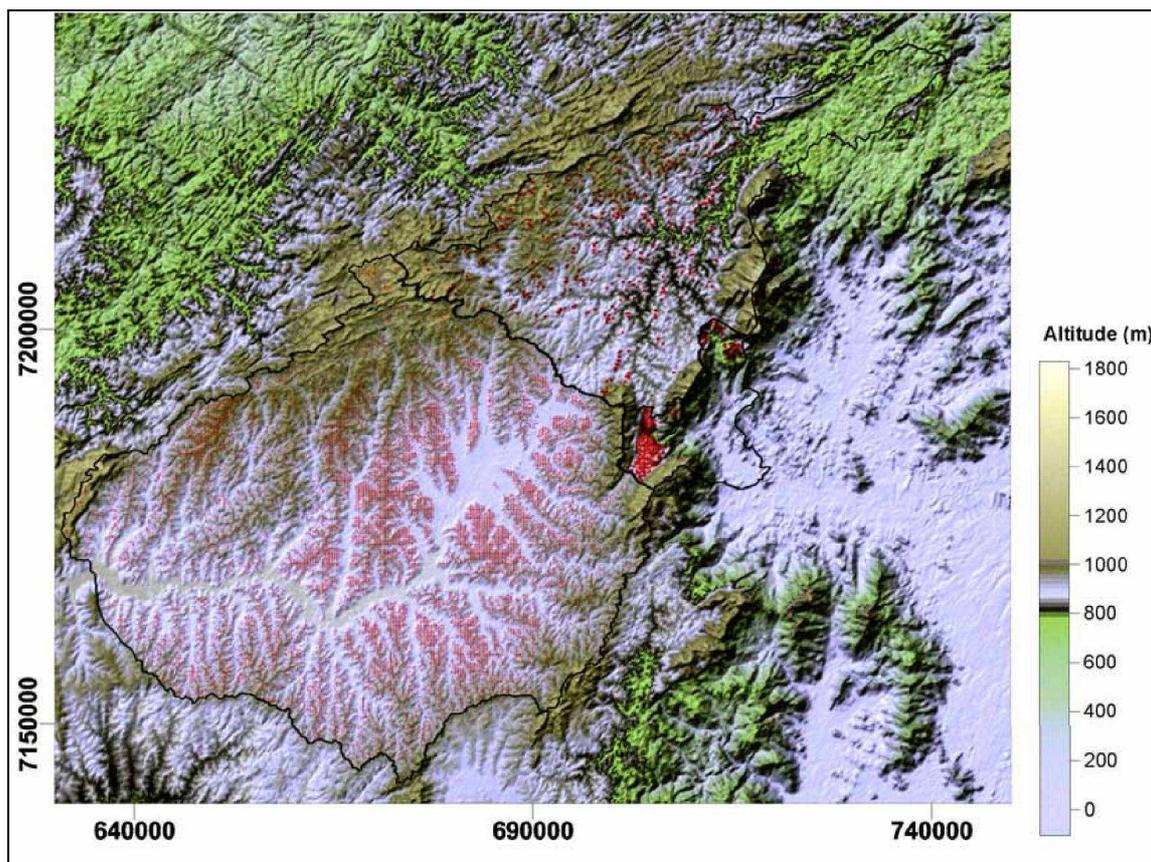


FIGURA 19 – Mapa preditivo da Paleosuperfície 1. Os pontos em vermelho equivalem as áreas de previsão de ocorrência da Paleosuperfície 1
 FONTE: RIFFEL, (2005)

Visando classificar os solos da unidade litoestratigráfica Guabirotuba, Felipe *et al.* (1994) dividiu-os em dois tipos de solo. O primeiro recebe a denominação de solos hidromórficos com as características de “...cor negra, ricos em matéria orgânica desenvolvidos sobre os sedimentos aluvionares”; e o segundo os solos residuais ou transportados, sendo “...argilosos, vermelhos, desenvolvidos sobre os argilas e arcósios” (FELIPE, 1998, p.4).

Com relação aos solos hidromórficos e transportados, seu perfil típico apresenta, do topo para a base, horizonte de cor negra, argiloso, às vezes turfoso, e poroso, com espessura variando de 0,20 a 1,00m. Abaixo encontra-se argila cinza clara a negra, plástica, textura siltosa, com baixa permeabilidade, e espessura variando de 1,00 a 5,00m. Encontram-se ainda corpos lenticulares de areia intercalados com a argila cinza clara a negra, com espessuras variando de 1,00 a 3,00m e granulação fina a muito grossa, contendo seixos e blocos de quartzo (FELIPE, 1998).

No entanto, quanto se infere a respeito dos solos residuais e transportados seu perfil típico apresenta-se de forma um pouco diferenciada. Encontram-se do topo para a base, inicialmente solo transportado (colúvio) argilo-arenoso, poroso e de cor marrom escuro a negro com espessura variando de centimétrica a métrica.

Abaixo encontra-se linha de seixos de quartzo com espessura centimétrica, seguido de solo 'maduro', textura argilosa a muito argilosa, com estrutura maciça. Esta espessura varia de 0,5m a mais de 5m conforme sua localização na vertente, sendo que na meia encosta ocorre espessuras mais finas.

Abaixo da linha de seixos, ainda segundo Felipe (1998), está o solo residual jovem ou saprólito, de cor vermelha, de cor variegada à violácea com manchas cinzas, contendo por vezes grãos de quartzo e feldspato alterado e argiloso, com espessura variando de 2 a mais de 10m. Na base encontram-se argilas de cor cinza esverdeada, com grãos de quartzo e feldspato alterado, textura argilosa a muito argilosa e espessura superior a 10m.

De acordo com MADE (2004), ocorrem na bacia sedimentar de Curitiba predomínio de solos da classe dos cambissolos nas porções de maior declividade, gleissolos e argissolos nos depósitos de planícies, podendo ocorrer latossolos nos topos de menor declividade.

No que se refere especificamente à área de estudo: a fazenda Canguiri, de acordo com Sugamoto (2002), identificaram-se solos dos tipos: Cambissolos, Latossolos, Gleissolos e Organossolos. No que tange à área correspondente da toposseqüência estudada, o mapa preliminar de solos indica a presença de Cambissolos em sua porção superior e de meia vertente, e dos Cambissolos gleissados no setor inferior da vertente.

4.2 A FAZENDA CANGUIRI NO CONTEXTO DA UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA GUABIROTUBA: ASPECTOS REGIONAIS

Nesta primeira parte dos resultados, as características da bacia sedimentar de Curitiba e da formação Guabirota serão apresentados e discutidos. Isto, com o objetivo de se efetuar a correlação entre as características encontradas na toposseqüência Fazenda Canguiri e seus aspectos regionais.

De acordo com os dados cartográficos do mapa geológico elaborado por Salamuni *et al.* (1997), grande parte da área de estudo (fazenda Canguiri) é constituída por sedimentos da formação Guabirota (Figura 20). Especificamente a toposseqüência fazenda Canguiri também está situada sobre estes sedimentos.

Entretanto, nesta área (fazenda Canguiri), são identificados também sedimentos aluvionares, materiais sedimentados nas planícies na forma de depósitos de várzeas, contudo este material se encontra distante da toposseqüência estudada.

Outro aspecto observado e analisado refere-se à granulação dos sedimentos da formação Guabirota. Salamuni (1998) mapeou os dados de análises estratigráficas, denominando este trabalho de Zoneamento Faciológico dos sedimentos da formação Guabirota (Figura 21).

Com base em diversas sondagens e tratamento estatístico dos dados, Salamuni (1998) identificou que nas bordas da bacia sedimentar de Curitiba ocorrem sedimentos de maior granulação, enquanto nos setores centrais tendem a aparecer sedimentos mais finos.

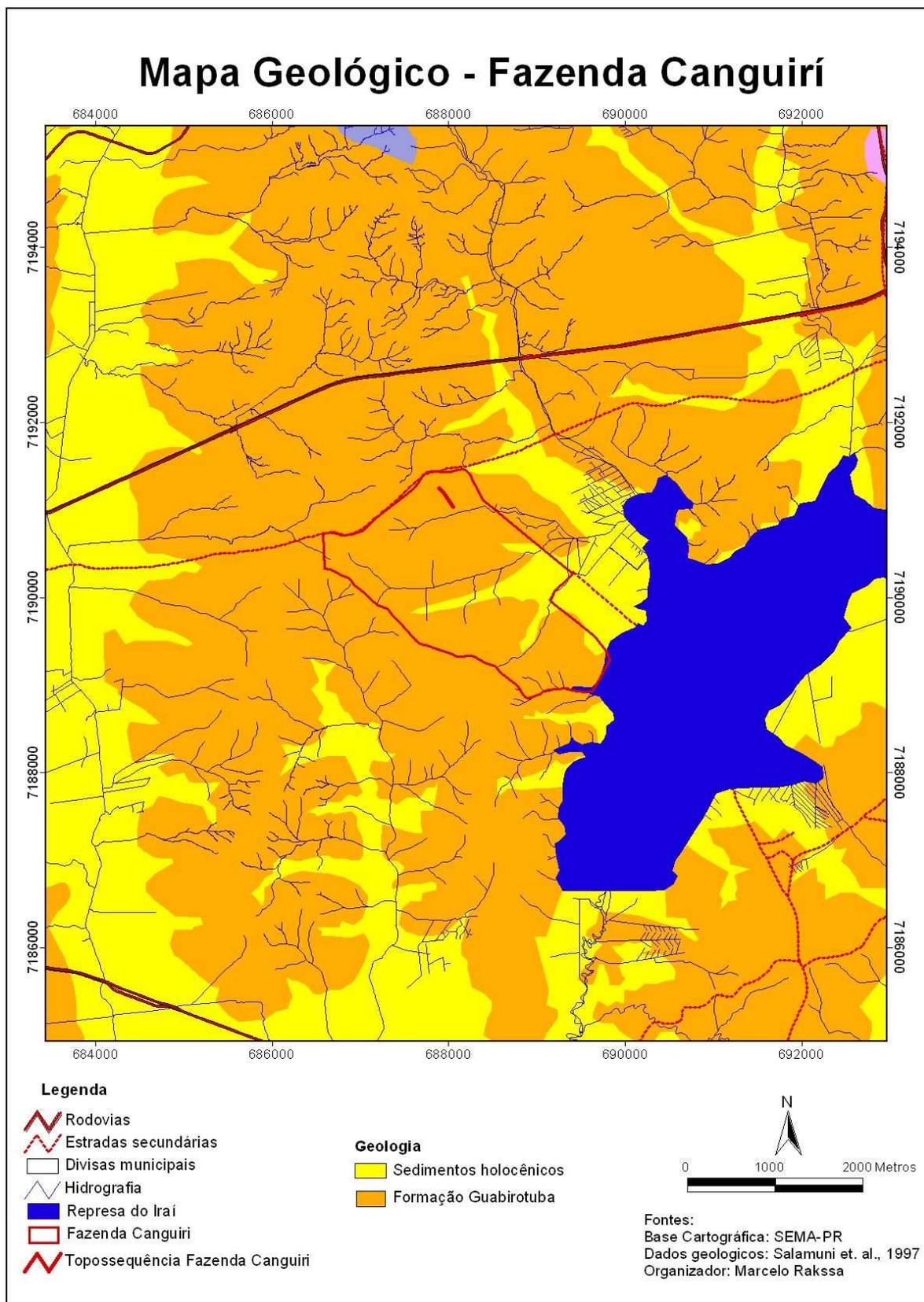


FIGURA 20 – Mapa geológico da região da Fazenda Canguiri
 FONTE: SALAMUNI et al (2004)

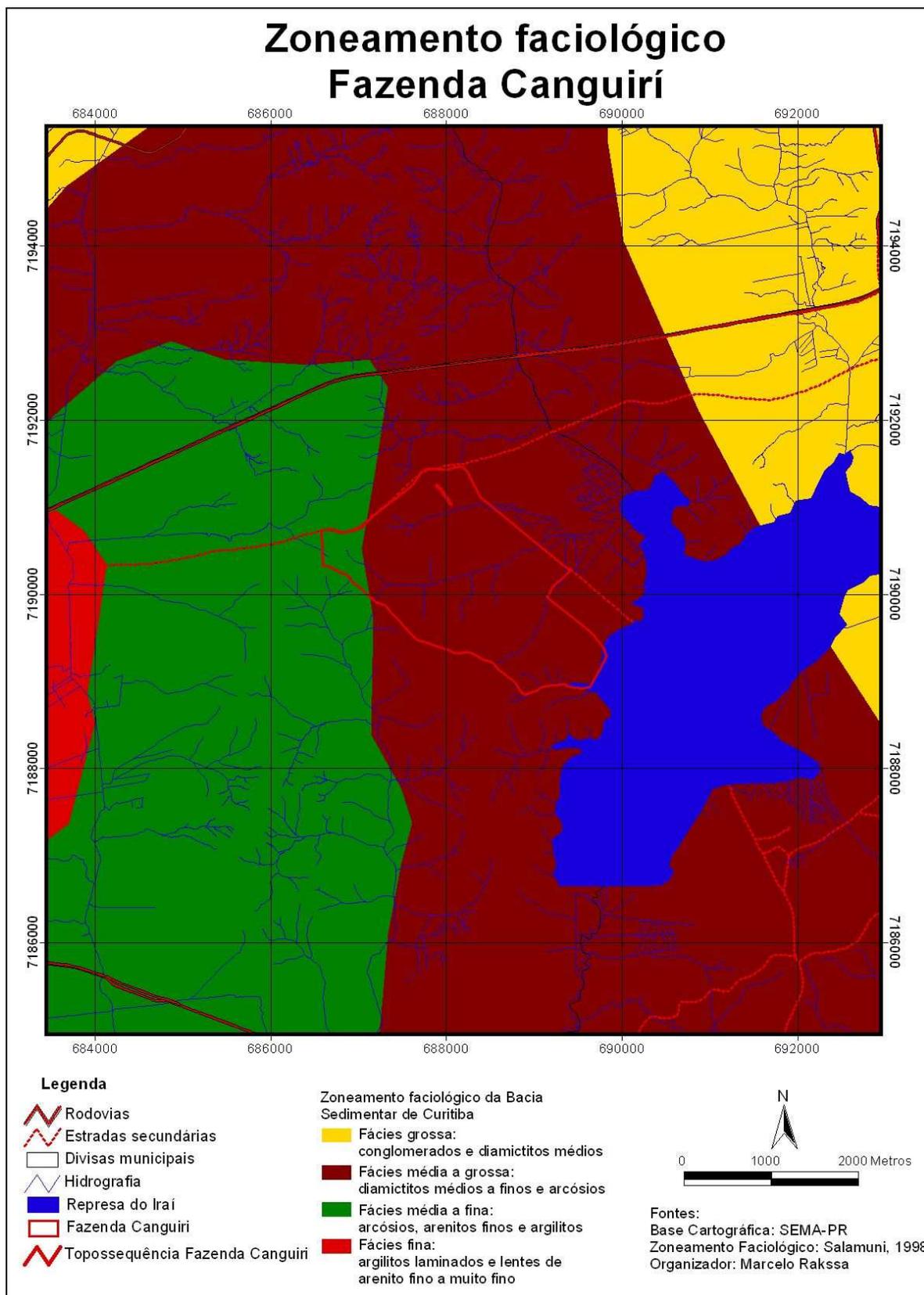


FIGURA 21 – Zoneamento Faciológico dos sedimentos da formação Guabirotuba: detalhe da região da Fazenda Canguiri
 FONTE: SALAMUNI, (1998)

Especificamente a toposseqüência Fazenda Canguiri está situada nos compartimentos em que predominam sedimentos que apresentam fácies 'média a grossa'. Isto indica a tendência da ocorrência de materiais de maior granulação, motivada pela posição intermediária entre as bordas da bacia sedimentar (onde ocorrem materiais de maior granulação, como os conglomerados) e o centro da bacia (onde são encontrados materiais mais finos, como as argilas).

Com dados hipsométricos (curvas de nível e pontos cotados) foi produzido o Modelo Digital do Terreno (MDT). Com sua observação e análise as formas de relevo foram caracterizadas. Foram identificadas vertentes curtas, com aproximadamente 600 metros de extensão e amplitude altimétrica próximo à 60 metros (Figura 22).

Encontraram-se também planícies aluviais com cotas próximas à 880 metros sobre o nível do mar (s.n.m.). O nível dos topos aplainados situam-se entre 940 e 950 metros (s.n.m.) e as declividades apresentam média de 6%, não ultrapassando 10%.

De acordo com o mapa preditivo da ocorrência da paleosuperfície de Curitiba elaborado por Riffel (2005), os topos aplainados que se constituem nos divisores de água, e cabeceira das drenagens que surgem na fazenda Canguiri são testemunhos do nível da paleosuperfície de Curitiba (Figura 23). Estes níveis estariam relacionados com o fechamento da sedimentação da bacia sedimentar de Curitiba e as vertentes que surgem a partir destes topos aplainados são resultado do entalhe dos materiais pela drenagem.

Na figura 24 apresenta-se imagem LandSat onde se situa a fazenda Canguiri. Com a observação desta cena identificou-se a ocupação urbana ao entorno da fazenda Canguiri. A presença de centros urbanos densamente povoados e urbanizados resultam na impermeabilização de considerável porção da área de ocorrência da formação Guabirotuba.

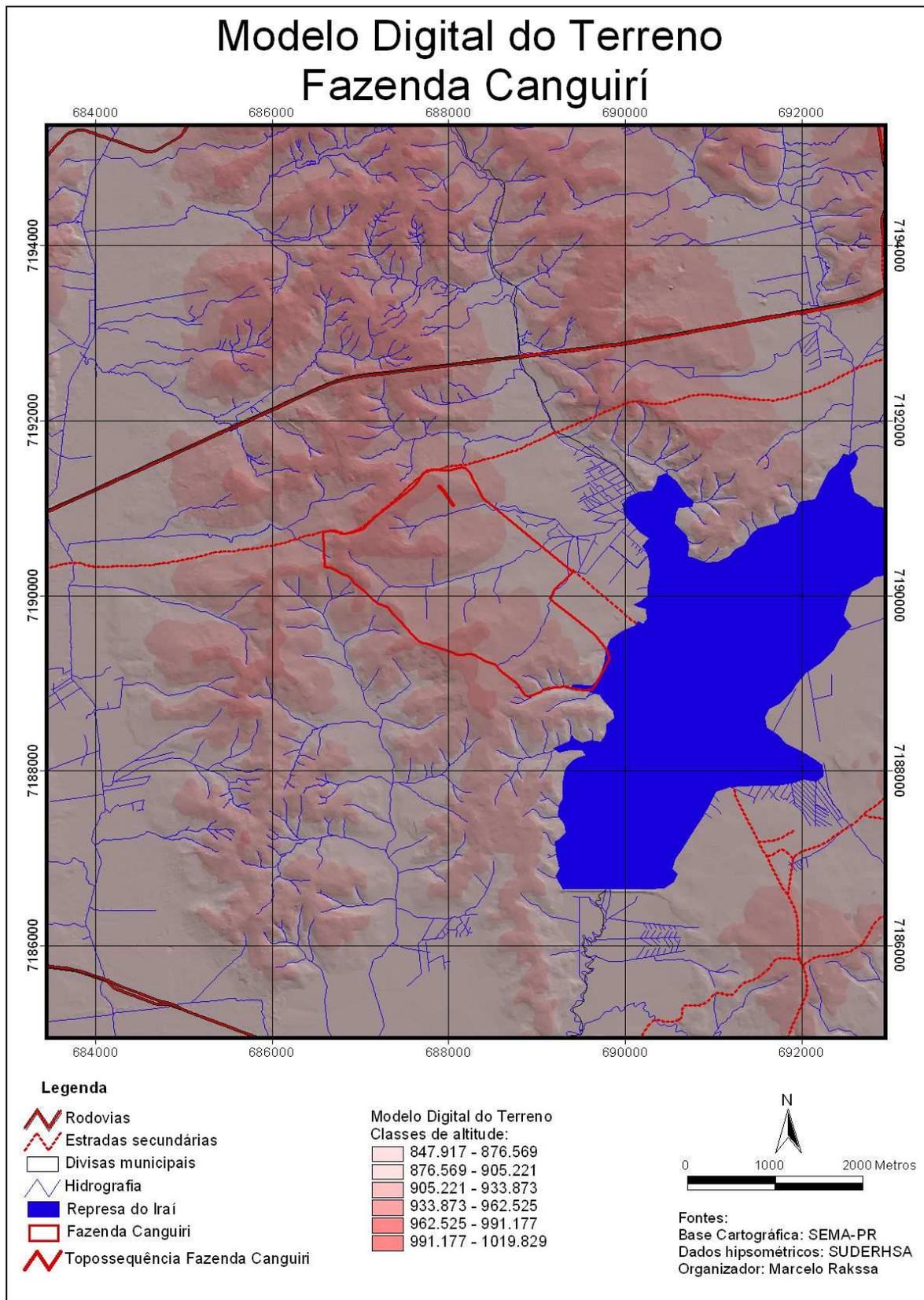


Figura 22 – Modelo Digital do Terreno: detalhe da região da Fazenda Canguiri
 FONTE: SUDERHSA

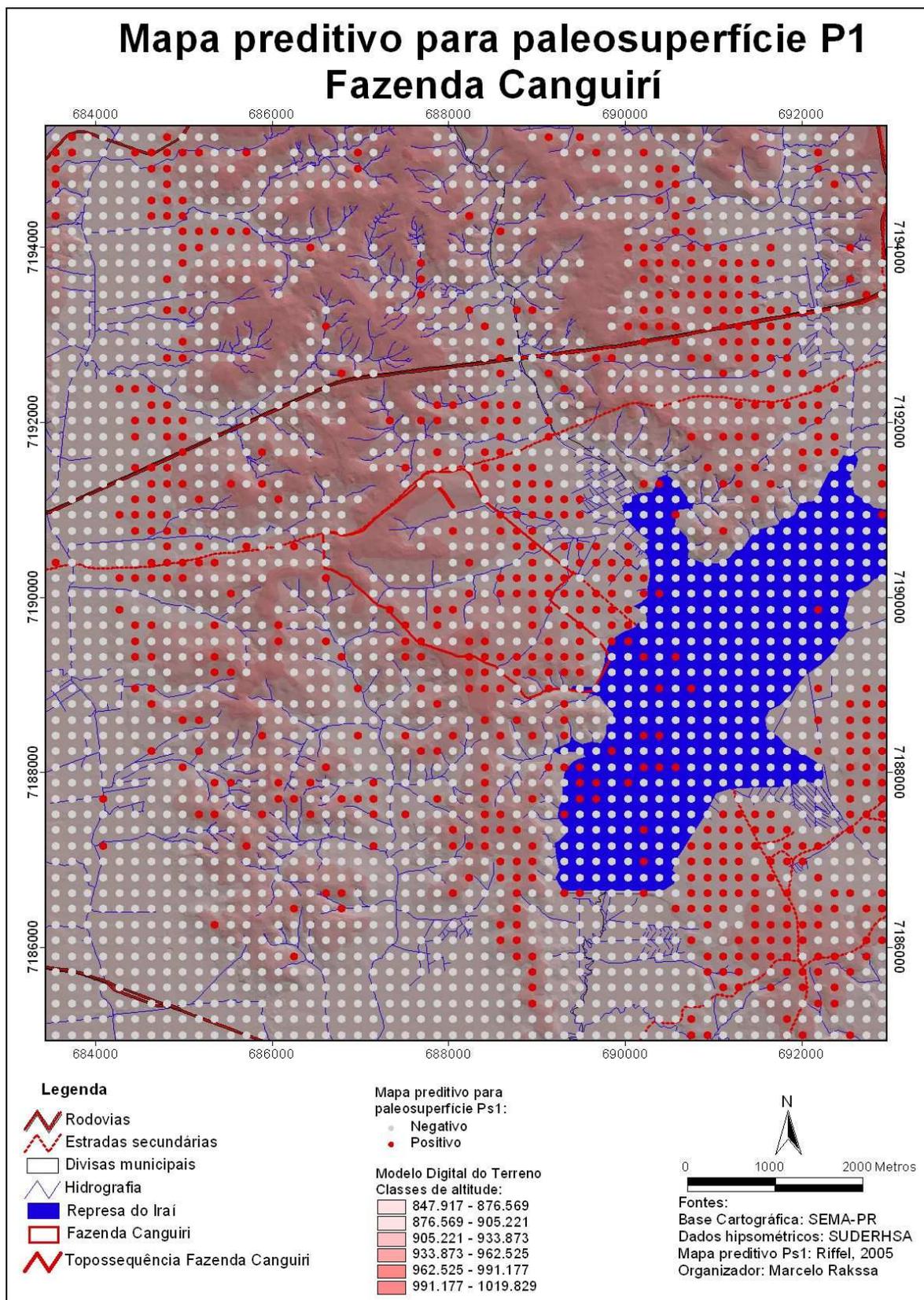


FIGURA 23 – Mapa preditivo para paleosuperfície de Curitiba detalhe da região da Fazenda Canguirí

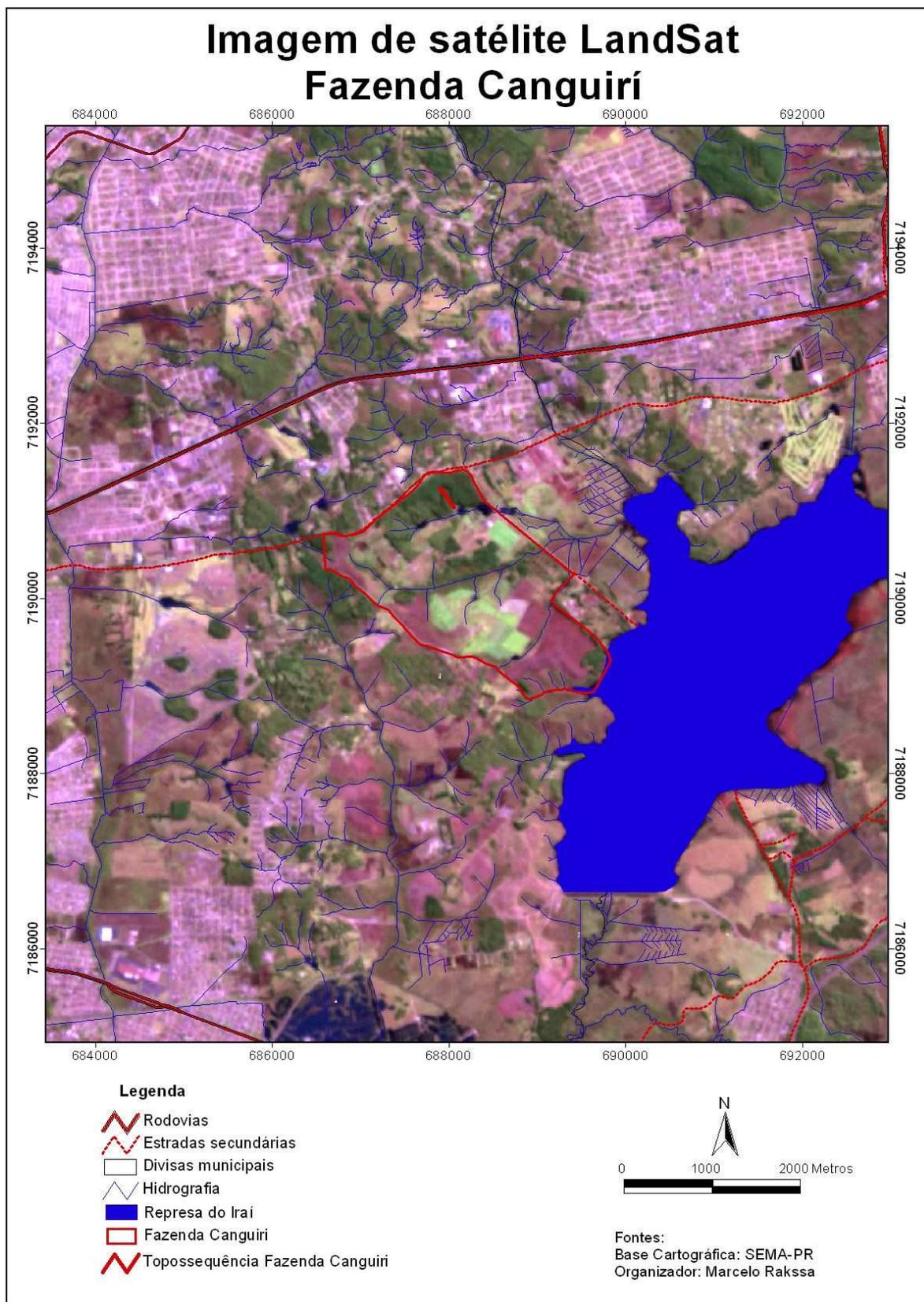


FIGURA: 24 – Imagem de Satélite LandSat detalhe da região da fazenda Canguirí.
FONTE: LANDSAT, (2003)

4.3. TOPOSSEQUÊNCIA FAZENDA CANGUIRI

A respeito da topossequência fazenda Canguiri, esta se dispõe em numa vertente com extensão de 183,4 metros, forma retilínea no terço superior, com ruptura de declive próximo à sondagem a trado 2, a partir da qual se torna côncava, até a tradagem 3. A partir daí, apresenta-se retilínea até a sondagem a trado 8, com nova ruptura de declive, apresentando a forma retilínea até o final da vertente (Figura 25).

Descrição das Trincheiras e sondagens a trado

Inicialmente, foram descritos os horizontes identificados no setor mais a montante da topossequência e posteriormente suas possíveis variações verticais e laterais, estabelecidas por observações em sondagens a trado e nas trincheiras.

A descrição das trincheiras e as sondagens a trado foram realizadas mediante diferenciação dos horizontes pedológicos, que apresentam as mesmas características dentro do perfil do solo. As diferenciações dos horizontes nas trincheiras são apresentadas na figura 26.

Trincheira 1

Horizonte A – variando entre as profundidades 0 a 25cm, cor Bruno-avermelhado-escuro (5YR, 2,5/2), textura argila siltosa²⁰, estrutura moderada com blocos angulares médios a grandes, consistência macia, porosidade com muitos poros, sendo estes muito pequenos. Transição gradual horizontal.

Horizonte AB – profundidades entre 25 e 61cm, cor vermelho-amarelado (5YR, 4/6), textura argila, estrutura com blocos angulares grandes, consistência ligeiramente dura, porosidade com muitos poros, sendo estes muito pequenos. Transição clara horizontal.

²⁰ Textura coletada em campo por meio de análise tátil realizada em campo

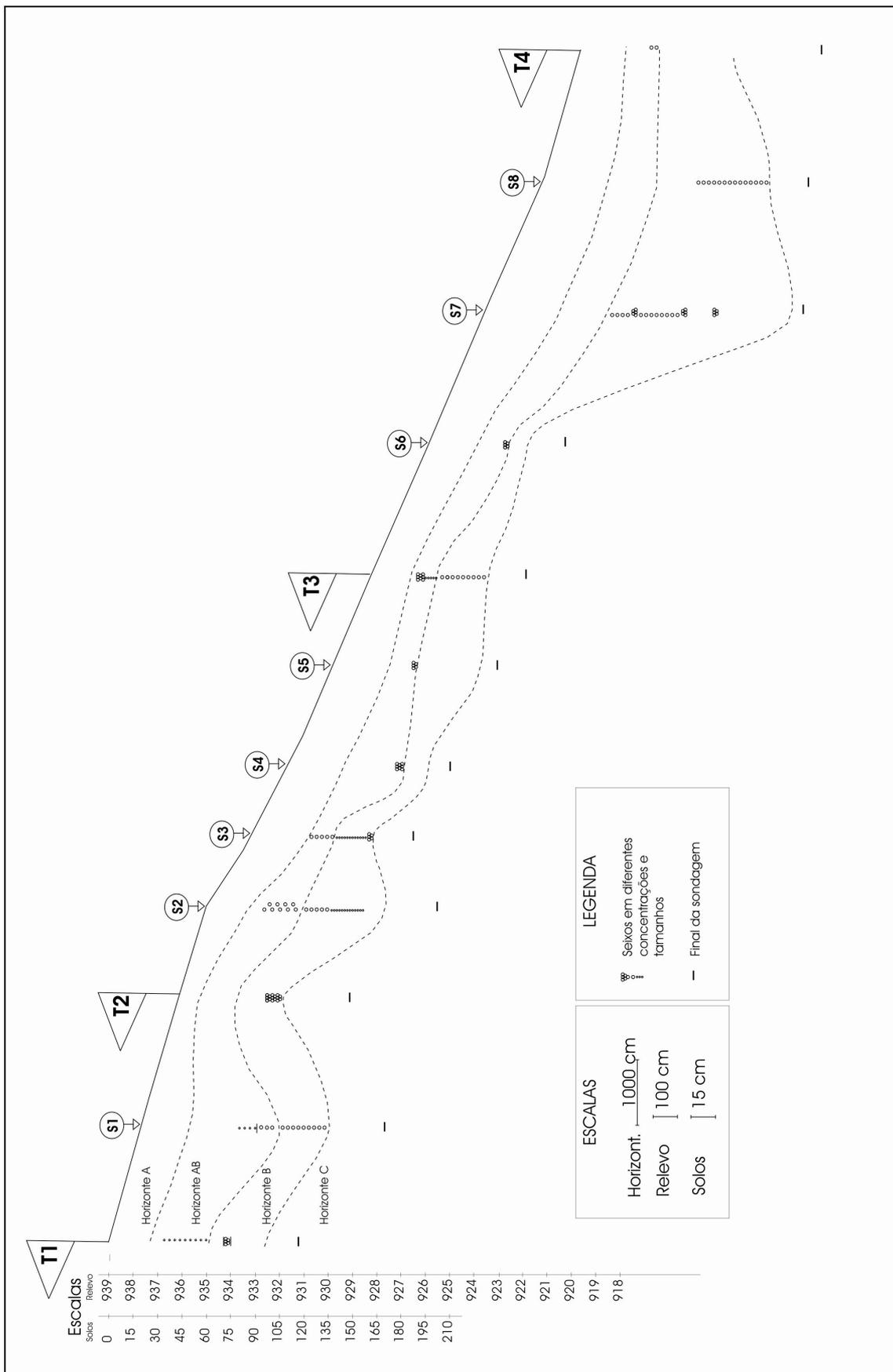


FIGURA 25 – Distribuição dos horizontes pedológicos na toposequência Fazenda Canguiri

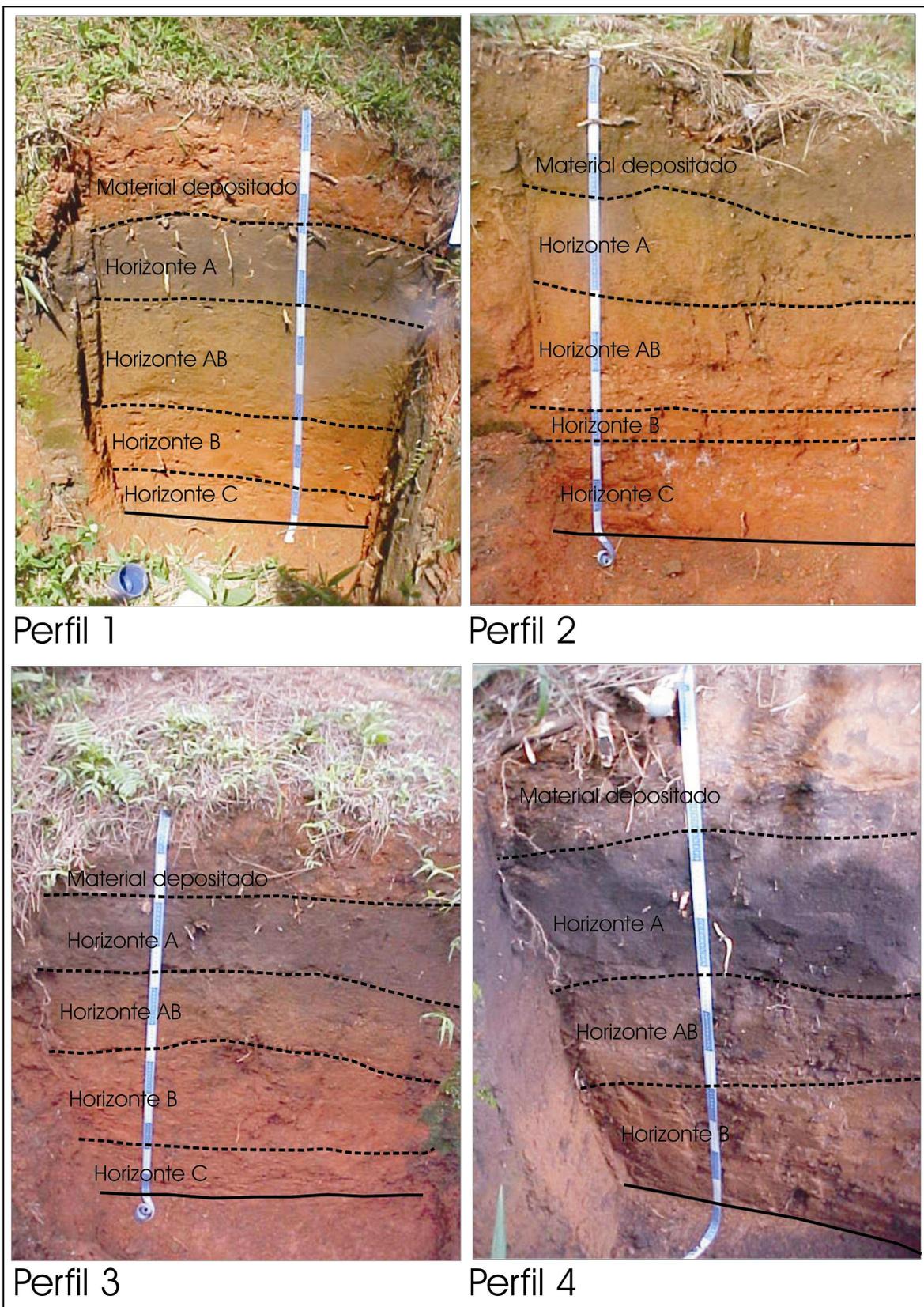


FIGURA 26 – Trincheiras da toposseqüência Fazenda Canguiri

Horizonte B – profundidades entre 61 a 95cm, cor vermelho (2,5 YR, 4/8), textura argila, estrutura com blocos subangulares grandes a médios, consistência ligeiramente dura. Existência de poros muito pequenos e a ocorrência de linha de seixos entre as profundidades de 100 a 104cm (71-75cm), de diâmetro entre 2 a 4cm, subarredondados a arestados. Transição clara horizontal.

Horizonte C – profundidades entre 95-116cm+, cor vermelho (2,5 YR, 4/8), mosqueado abundante, grande e distinto, composta de vermelho-claro-acinzentado (10R, 6/2) e branco (10R 8/1), equivalendo à 25 a 30%; textura argilosa, estrutura grande granular, consistência ligeiramente dura. Sem poros visíveis.

Foi realizada tradagem na base da trincheira, atingindo a profundidade de 146 cm. O mosqueado torna-se maior, a cor da matriz vai se tornando secundária, com feldspatos e seixos. A umidade aumenta no fundo da tradagem.

Sondagem a trado 1(S1)

Horizonte superficial A – 0 - 30cm, com cor bruno-escuro 10YR 3/3, textura argilo-siltosa.

Horizonte AB – 30 - 85cm, cor bruno-forte 7,5YR 4/6, textura argilosa. Ocorrência de seixos de quartzo à profundidade de 56 centímetros, esparsos e pequenos, entre 4 e 5mm de diâmetro, com aumento em profundidade, em quantidade e tamanho, chegando até 1cm, com forma sub-angular a 80cm de profundidade.

Horizonte B – 85 – 115cm, cor vermelho 2,5YR 4/8, textura argila, com seixos de quartzo em todas extensões, com até 2mm de diâmetro e forma sub arredondada.

Horizonte C – +115cm, cor vermelho 10YR 4/8, com mosqueado composto de tons de cinza e vermelho claro, textura argilosa. Final da tradagem em 150cm.

Trincheira 2

Horizonte A - profundidades entre 0 a 12cm, cor bruno-escuro (7,5YR, 3/2), textura argila siltosa, estrutura blocos subarredondados pequenos, presença abundante de raízes, consistência ligeiramente dura. Porosidade com muitos poros, e estes muito pequenos. Transição clara ondulada.

Horizonte AB – profundidades entre 12 a 35cm, cor bruno forte (7,5YR, 4/6), textura argilosa, estrutura com blocos subangulares médios, consistência ligeiramente dura. Porosidade com muitos poros e estes muito pequenos. Transição clara ondulada.

Horizonte B – profundidades entre 64 a 106cm, cor vermelho (2,5YR, 4/6), textura argilosa, estrutura blocos angulares médios, consistência ligeiramente dura. Porosidade com muitos poros e estes muito pequenos. Presença de cerosidade nas faces estruturais. Ocorrência de seixos entre a profundidade de 53 a 64cm, com cor da matriz vermelho (2,5 YR 4/6), Diâmetro dos seixos entre 1 a 2cm, subarredondados a arestados. Transição clara ondulada.

Horizonte C – profundidades entre 64-+106cm, cor vermelho (2,5YR, 5/8), mosqueado abundante, grande e proeminente, cinzento claro (5YR, 7/1), textura argilosa, estrutura com blocos angulares pequenos; consistência dura. Sem poros visíveis. O mosqueado mostra-se no topo do horizonte 4 como manchas esparsas, menos de 15%, e torna-se abundante gradativamente em profundidade.

Sondagem a trado 2 (S2)

Horizonte superficial A – 0 - 25cm, com cor bruno-amarelado-escuro 10YR 4/4, textura argilo-siltosa.

Horizonte AB – 25 - 60cm, com cor bruno-forte 7,5YR 4/6, textura argilosa. Concentração de grãos de quartzo em toda a extensão do horizonte.

Horizonte B – 60 - 100cm, com cor vermelho 2,5YR 5/8, textura argilosa, com seixos nas profundidades entre 60 e 90cm, entre as profundidades de 60 a 75cm, e entre as profundidades de 75 a 95cm.

Horizonte C – +100cm, com cor vermelho 2,5YR 5/8, com mosqueado composto por tons de cinza, textura argilosa. Final da sondagem em 140cm.

Sondagem a trado 3 (S3)

Horizonte superficial A – 0 - 35cm, com cor bruno-amarelado-escuro 10YR 4/4, textura argilo-siltosa. Ocorrência de fragmentos de quartzo de 5mm de diâmetro na profundidade de 30cm.

Horizonte AB – 35 - 50cm, com cor bruno-forte 7,5YR 4/6, textura argilosa, em grande quantidade, textura. Ocorrência de seixos.

Horizonte B – 50 – 75cm, com cor vermelho-amarelado 5YR 5/8, textura argilosa. Os seixos diminuem em quantidade em relação ao horizonte superior até a profundidade de 75cm, quando se tornam abundantes.

Horizonte C – +91cm, com cor vermelho 2,5YR 4/8, textura argilosa, com feldspato, óxido de manganês. Final da tradagem em 100cm.

Sondagem a trado 4 (S4)

Horizonte superficial A – 0 - 35cm, com cor bruno-amarelado-escuro 10YR 3/4, textura argilo-siltosa.

Horizonte AB – 35 - 70cm, com cor bruno-forte 7,5YR 4/6, textura argilosa. Seixos de quartzo nas profundidades entre 65 e 70cm.

Horizonte B – 70 - 85cm, com cor vermelho amarelado 5YR 5/6, textura argilosa.

Horizonte C – +85cm, com cor vermelho 2,5YR 4/8, textura argilosa, com feldspato, óxido de manganês em grande quantidade. Final da tradagem em 100cm.

Sondagem a trado 5 (S5)

Horizonte superficial A – 0 - 35cm, com cor bruno-amarelado-escuro 10YR 3/4, textura argilo-siltosa.

Horizonte AB – 35 - 50cm, com cor bruno-forte 7,5YR 4/6, textura argilosa. Clastos de quartzo entre as profundidades de 47 a 50cm.

Horizonte B – 50 - 90cm, com cor vermelho-amarelado 5YR 4/6, textura argilosa.

Horizonte C – +90cm, com cor 5YR 4/8, com mosqueado composto por tons de cinza claro e preto; textura argilosa. Final da tradagem em 100cm.

Trincheira 3

Horizonte A - profundidades entre 0-24cm, cor bruno-acinzentado muito escuro (10YR, 3/2), textura argila siltosa, estrutura com blocos subarredondados pequenos com presença abundante de raízes, consistência macia. Porosidade com muitos poros e estes muito pequenos. Transição gradual horizontal.

Horizonte AB – profundidades entre 24 a 40cm, bruno (7,5YR, 4/4), textura argila com presença de areia fina, estrutura com blocos subangulares grandes, consistência macia. Porosidade com muitos poros, e estes muito pequenos. Aqui aparece novamente a ocorrência de seixos entre as profundidades de 27 a 33cm, cor da matiz bruno (7,5 YR 4/3). Diâmetro dos seixos entre 0,5 a 1cm, subarredondados a arestados. Transição clara ondulada.

Horizonte B – profundidades entre 40 a 73cm, cor vermelho amarelado (5YR, 4/6), textura com argila, areia fina e cascalho; estrutura com blocos angulares grandes; consistência ligeiramente dura. Poucos poros, muito pequenos. Presença de serosidade nas faces estruturais. Transição clara horizontal.

Horizonte C – profundidades entre 73 a +95cm, cor vermelho (5YR, 4/6), mosqueado comum a pouco, pequeno e proeminente menor que 15%, bruno muito claro acinzentado (10YR, 7/4), textura argilosa, estrutura com blocos subangulares grandes, consistência ligeiramente dura. Sem poros visíveis.

Sondagem a trado 6 (S6)

Horizonte superficial A – 0 - 30cm, com cor bruno 10YR 4/3, textura argilo-siltosa.

Horizonte AB – 30 - 50cm, com cor bruno-forte 7,5YR 4/6, textura argilosa. Seixos de quartzo entre as profundidades de 45 a 50cm.

Horizonte B – 50 - 60cm, com cor vermelho 2,5YR 5/8, textura argilosa.

Horizonte C – +60cm, com cor vermelho claro 2,5 YR 6/8, com mosqueado com tons de preto e cinza claro; textura argilosa. Final da tradagem em 85cm.

Sondagem a trado 7 (S7)

Horizonte superficial A – 0 - 45cm, com cor bruno-acinzentado muito escuro 10YR 3/2, textura argilo-siltosa.

Horizonte AB – 45 - 75cm, com cor bruno-escuro 7,5YR 3/4, textura argilosa.

Horizonte B – 75 - 190cm. Entre as profundidades de 75 a 90cm, ocorrem seixos de quartzo, com cor vermelho-amarelado (5YR 4/6), textura argilosa. Nas profundidades entre 90 e 95cm, os seixos são mais abundantes, diminuindo novamente de quantidade entre 95 e 120cm, quando a cor altera-se para vermelho (2,5YR 4/6).

Nas profundidades entre 120 a 125cm, os seixos aparecem em grande quantidade. Não há seixos entre as profundidades de 125 à 140cm, reaparecendo na profundidade de 140 a 145cm, em cor bruno-forte 7,5YR 4/6. A cor bruno-forte se mantém até o fim do horizonte, mas sem a ocorrência de seixos.

Horizonte C – +190cm, com cor amarelo-avermelhado (5YR 6/6), com mosqueado difuso; textura argilosa. Final da sondagem em 195 cm.

Sondagem a trado 8 (S8)

Horizonte superficial A – 0 - 40cm, com cor bruno-muito-escuro (7,5YR 2,5/2), textura siltosa.

Horizonte AB – 40 - 70cm, com cor bruno-escuro (7,5YR 3/2), textura argilo-siltosa.

Horizonte B – 70 - 140cm, com cor vermelho-amarelado (5YR 4/6), textura argilosa. Seixos de quartzo entre as profundidades de 95 a 140cm.

Horizonte C – +140cm, com cor vermelho-amarelado (5YR 5/6), mosqueado com tons de preto; textura argilosa. Final da sondagem em 165cm.

Trincheira 4

Horizonte A – profundidades entre 0 a 27cm, cor preto (7,5YR, 2,5/1), textura silte, estrutura com blocos subarredondados pequenos com grumos, consistência ligeiramente dura. Porosidade com muitos poros, e estes muito pequenos. Transição clara horizontal.

Horizonte AB – profundidades entre 27 a 47cm, cor bruno-escuro (7,5YR, 3/2), textura siltoso, estrutura com blocos subangulares médio com grumos; consistência levemente dura. Porosidade com muitos poros, e estes muito pequenos. Ocorrência de seixos esparsos, nas profundidades entre 41 a 47cm, na transição dos horizontes AB e B. Cor da matriz: transição entre o bruno-escuro (7,5YR, 3/2) e o vermelho-amarelado (5YR, 4/6). Diâmetro dos seixos entre 0,5 a 1cm, subarredondados a arestados. Transição gradual horizontal.

Horizonte B – profundidades entre 47 a +94cm, bruno-forte (7,5YR, 4/4), textura com argila, areia fina, estrutura prismático médio a grande, consistência ligeiramente dura. Poucos poros.

Síntese das descrições

Observando as características ao longo da toposseqüência, verifica-se que no topo da vertente, na trincheira 1, o horizonte superficial A, caracteriza-se pela cor escura, resultado do incremento de matéria orgânica, sendo composto por argila siltosa. O horizonte AB apresenta coloração mais pálida se comparada ao horizonte superior, e com ocorrência de seixos esparsos neste horizonte. No horizonte B observa-se horizonte de coloração vermelha, rico em óxidos de ferro e argila. No interior deste horizonte ocorre linha de seixos, apresentando espessura de 4 centímetros, também esparsos na massa de solo mas mais concentrados quanto comparado com o horizonte AB, de diâmetro entre 2 a 4 centímetros, subarredondados a arestados. Já, o horizonte C apresentou sinais de alteração do material originário, através de mosqueamento abundante, apresentando colorações branca em matriz vermelho-claro-acinzentado.

Na sondagem 1, abaixo na vertente, os horizontes apresentam as mesmas características, porém com maior profundidades. A ocorrência dos seixos inicia-se na metade do horizonte AB, aumentando em quantidade, até se extinguir-se no contato do horizonte B com o C.

Na trincheira 2, os 4 horizontes apresentam-se com menores espessuras que a trincheira 1 e a sondagem 1, com a linha de seixos, espessa e em grande quantidade no interior do horizonte B, no limite superior do horizonte C. Abaixo dos seixos ocorre mosqueamento abundante, com manchas cinzento-claro em matiz vermelha.

As sondagens a trado 2 e 3 demonstram semelhanças em seus horizontes, em cor, espessura e textura. Os seixos aparecem com maiores diâmetros, maior dispersão e menores quantidades no horizonte AB, enquanto no horizonte B o padrão encontrado segue o aumento na concentração, a diminuição no diâmetro e maiores quantidades dos clastos.

As sondagens a trado 4 e 5 também são similares entre si, com regularidades nas características de seus horizontes, e a ocorrência de *stone-lines* na base do horizonte AB, no limite com o horizonte B.

A trincheira 3 apresenta semelhanças nas características de seus horizontes com as sondagens 4 e 5. É encontrada linha de seixos no interior do horizonte AB, correspondendo ao prolongamento da linha de seixos encontrada nas sondagens anteriores. Porém, na trincheira 3 há ocorrência de seixos também na base do horizonte AB e no B, em menores quantidades e diâmetros menores.

A sondagem 6 apresenta ainda os seixos na base do horizonte AB, com concentração e tamanho semelhante às ocorrências das sondagens 4 e 5, e à trincheira 3.

Os horizontes das sondagens 7 e 8 apresentam as maiores espessuras da toposseqüência. Quanto à ocorrências das *stone-lines*, a sondagem 7 apresentou a maior heterogeneidade, com clastos entre 75 a 90cm, maior abundância entre as profundidades de 90 e 95cm; menores quantidades entre 95 e 120cm. Nas profundidades entre 120 a 125cm, os seixos aparecem em grande quantidade desaparecendo entre 125 à 140cm, e reaparecendo entre as profundidades de 140 a 145cm.

Na trincheira 4, localizada na seção baixa da encosta e estando abaixo da ruptura de declive, apresenta as características mais diferenciadas das 4 trincheiras estudadas. O horizonte A apresenta coloração escura, devido à maior quantidade de matéria orgânica humificada. Os horizontes AB e B apresentam as cores bruno-escuro e bruno-forte, motivadas possivelmente pela dinâmica da água, influenciada pelo posicionamento da trincheira na toposseqüência. As linhas de seixos ocorrem na base do horizonte AB, com pequena quantidade, pequeno diâmetro e pequena concentração.

A ocorrência de linha de seixos nas 4 trincheiras e nas 8 tradagens realizadas demonstra que não se apresentam de maneira similar ao longo da vertente, variando na espessura, na quantidade de seixos, e também na localização relativa aos horizontes identificados nas trincheiras.

4.4. CAMPO DE CORRELAÇÃO NA BACIA SEDIMENTAR DE CURITIBA

Um dos objetivos do trabalho foi o de correlacionar a ocorrência das linhas de seixos presentes na toposseqüência Fazenda Canguiri, com outras áreas da bacia sedimentar de Curitiba. Para isto fez-se necessário a realização de trabalho de campo específico, visando observar e coletar informações de vários perfis localizados em pontos distintos da referida bacia.

Assim, as observações e caracterizações feitas na toposseqüência fazenda Canguiri puderam ser correlacionadas com informações coletadas em outros pontos da bacia sedimentar de Curitiba. Foram averiguados os seguintes itens: presença ou ausências das linhas de seixos, se presentes foram observados tamanho, forma, quantidade, disposição na vertente e nos horizontes pedológicos.

Neste contexto, foram privilegiados os setores sudeste, sul e nordeste da bacia. (Figuras 27). Tal escolha se justifica pelos seguintes motivos:

- Estas áreas são identificadas como pertencentes à borda da bacia sedimentar de Curitiba (como ocorre com a toposseqüência fazenda Canguiri). Fato este que confere relativa homogeneidade em relação à granulação de seus sedimentos;

- Estes setores visitados (sudeste, sul e nordeste) caracterizam-se por terem relativa proximidade com Serra do Mar. Esta área, por sua vez é considerada uma das mais importantes fontes dos materiais que compuseram os sedimentos que constituíram a unidade litoestratigráfica Guabirota;

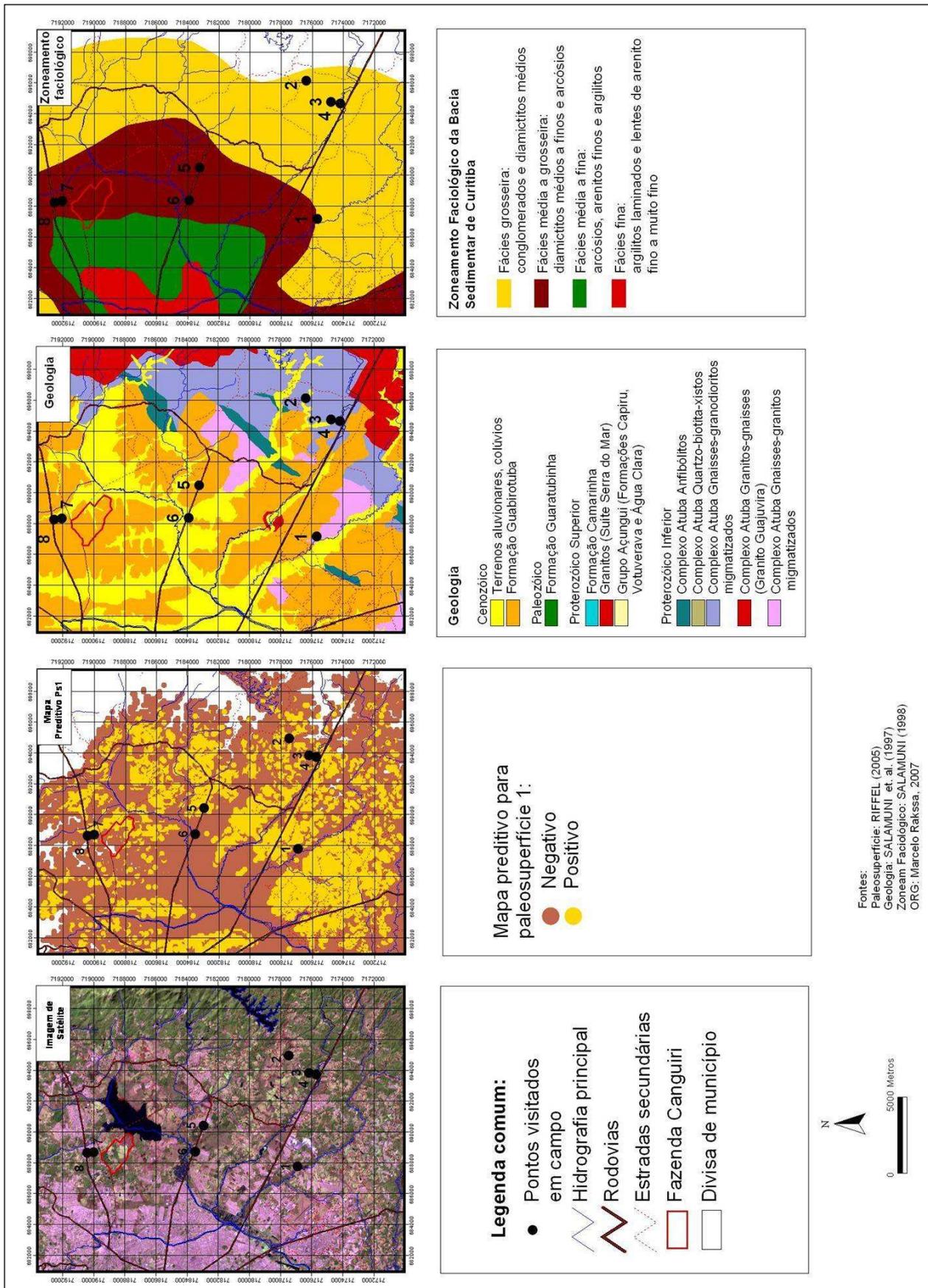


FIGURA 27 – Pontos de descrição e coleta de informações dos: Mapa Geológico, Zoneamento faciológico da BSC, Imagem de satélite e Mapa preditivo para a paleosuperfície Ps1

- A ocupação urbana de Curitiba e dos municípios conurbados (localizados nos setores centrais, leste e norte da bacia sedimentar de Curitiba) dificulta e até impossibilita a pesquisa. Isto ocorre principalmente devido à impermeabilização do solo e às excessivas alterações que as atividades humanas impõem ao mesmo.

Desta forma, neste trabalho de campo foram visitados 8 locais da bacia (Figuras 28 e 29). Nestes locais foram observados, inicialmente a existência ou não das *stone-lines*. Em seguida, foram analisadas as relações do ponto com a ocorrência de sedimentos da formação Guabirotuba e o embasamento da bacia sedimentar de Curitiba e sua posição na vertente.

Posteriormente foram observadas as linhas de seixos no perfil (quando existentes). Identificou-se a natureza dos materiais constituintes, sua disposição no perfil do solo e sua adaptação à topografia local.

A seguir serão apresentados as descrições dos locais visitados:

Ponto 01 (UTM 687.179; 7.175.687): o ponto caracteriza-se por expor na superfície, parte do embasamento da bacia sedimentar de Curitiba. Foram encontrados gnaisses e granitos migmatizados alterados. Identificaram-se ainda, concentrações de quartzo característicos, devido à maior resistência ao ataque do intemperismo químico. Estas concentrações de quartzo, foram encontradas no setor da vertente próximo ao divisor de águas.

Ponto 02 (UTM 696.170; 7.176.368): situado na borda leste da bacia sedimentar de Curitiba (próximo ao seu divisor de águas) o segundo ponto apresentou alta quantidade de clastos de quartzo. No entanto, no topo do perfil a quantidade de clastos encontrada foi intermediária, estando este material disperso na massa de solo.

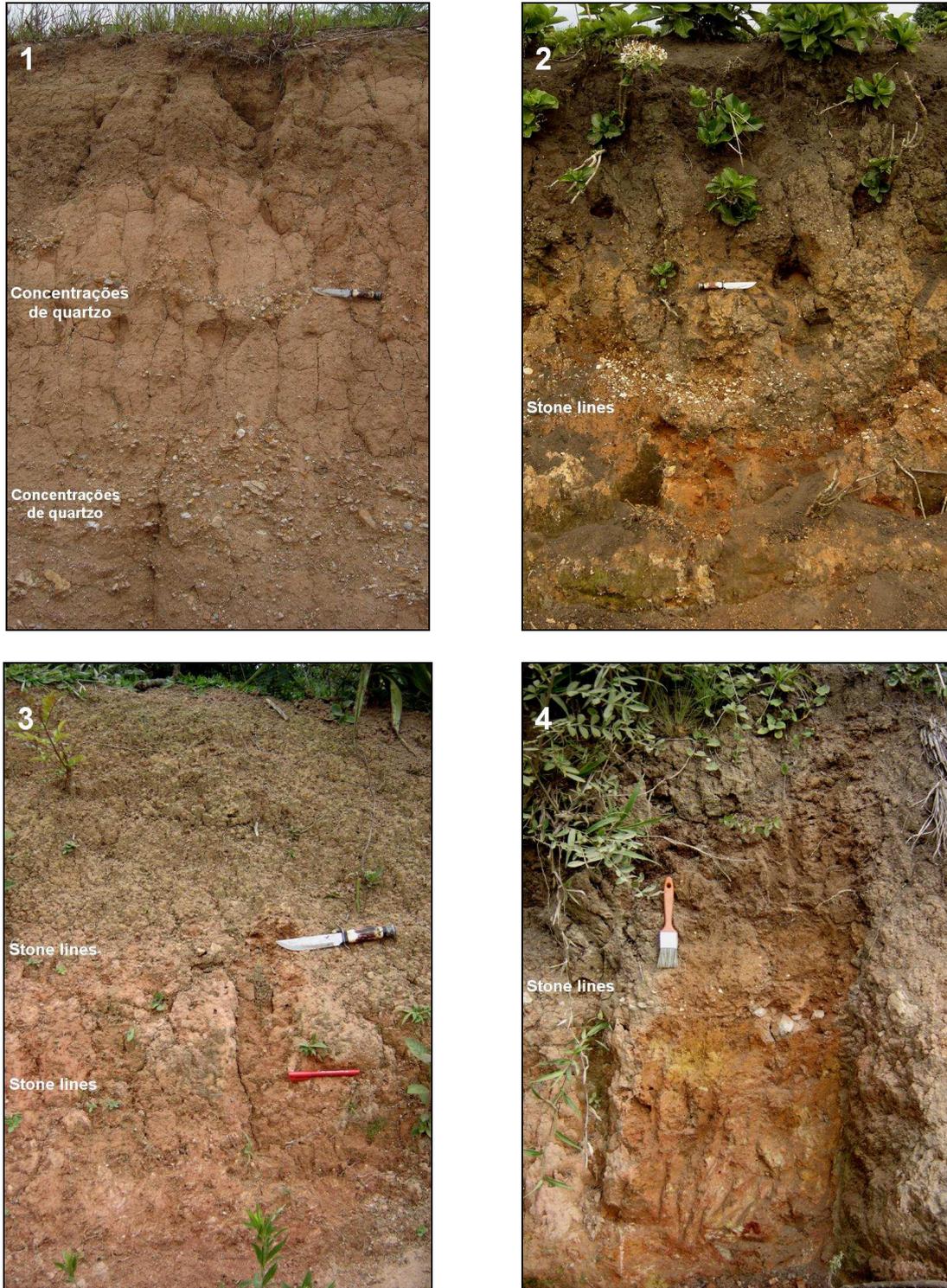


Figura 28 – Fotos dos pontos 01, 02, 03 e 04 do campo pela bacia sedimentar de Curitiba

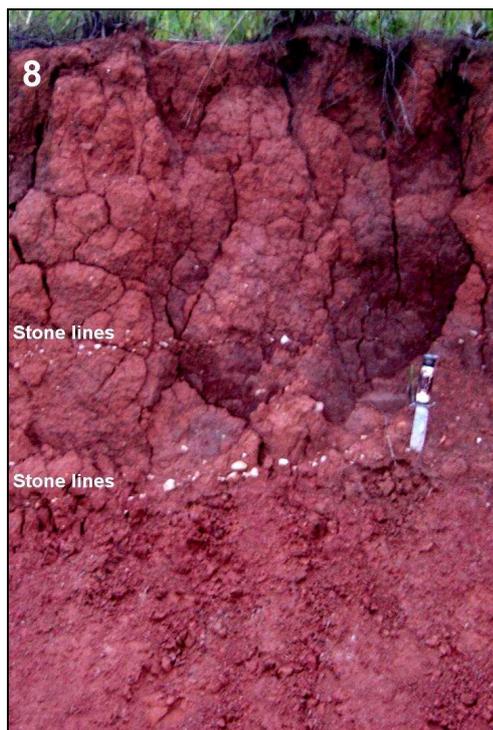
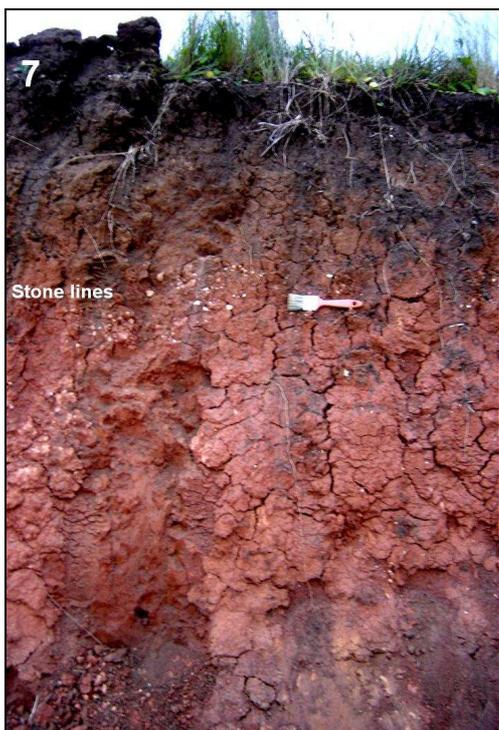
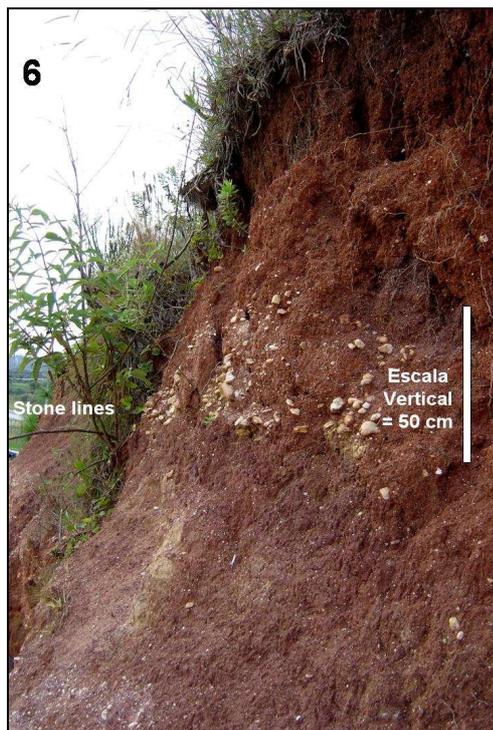


Figura 29 – fotos dos pontos 05, 06, 07 e 08 do campo pela bacia sedimentar de Curitiba

Todavia a maior concentração deste material foi identificada na base do horizonte B, em contato com a alterita (horizonte C). Os clastos apresentaram-se predominantemente sob forma subangulosa à subarredondada com diâmetros variando de 0,5 a 1 centímetro para aqueles dispersos na porção superior do perfil; e de 0,5 a 3 centímetros para aqueles cuja concentração situou-se na base do horizonte B, com predomínio de diâmetro de 1 centímetro. A posição da linha de seixos acompanha a forma do relevo.

Ponto 03 (UTM 696.170; 7.176.368): este ponto também localizado na borda leste da bacia sedimentar de Curitiba (em setor de meia vertente), apresentou duas gerações de linhas de seixos, pouco espessas e bem individualizadas. Estas duas gerações foram identificadas no horizonte B do perfil.

A geração superior, localizadas na profundidade de 60 centímetros, apresentou clastos de diâmetro entre 0,3 a 1 centímetro, enquanto a segunda geração, encontrada na profundidade de 75 centímetros, possui diâmetros entre 0,2 a 0,6 centímetros. Em ambas o formato apresentado foi o subanguloso e sua disposição na vertente foi caracterizada por inclinação horizontal, configurando o acompanhamento da linha de seixos com o relevo local.

Ponto 04 (UTM 694.665; 7.174.196): este ponto situa-se a pouca distância do ponto anterior (estando na mesma vertente), contudo localiza-se mais próximo ao canal de drenagem. Neste local foi identificado clastos de quartzo e quartzito, no formato subanguloso à anguloso com diâmetros entre 1 a 5 centímetros. A linha de seixos foi observada na profundidade de 40 centímetros e estava inserida no horizonte B, em contato com a alterita. Esta apresentava alteração química, preservando as feições da rocha do embasamento, sendo este local composto por gnaisses, granodioritos migmatizados.

Ponto 05 (UTM 690.506; 7.183.214): situado no topo plano, sobre os sedimentos da formação Guabirotuba, este ponto corresponde a um corte realizado para a implantação de construção, com a profundidade de 4 metros. Este perfil apresentou um horizonte B bem desenvolvido com mais de 2 metros de espessura, sob o horizonte A de 80 centímetros de espessura.

Entre as profundidades de 2 e 3 metros, no horizonte B, observaram-se clastos de quartzo dispersos na massa do solo, porém não foram observados

nenhum sinal de concentração. Estes clastos apresentavam forma predominantemente subarredondada, e diâmetro entre 0,5 a 1 centímetro.

Ponto 06 (UTM 688.399; 7.183.908): o ponto 6, corresponde ao corte no terreno, situado próximo à corporação de Bombeiros da Vila Guaraituba, município de Pinhais, com 6 metros de exposição do perfil. O primeiro metro apresenta os horizontes pedológicos, e abaixo demonstra fácies deposicionais do preenchimento da bacia sedimentar de Curitiba. O horizonte A ocorre da superfície até a marca de 20 cm de profundidade. O horizonte B de 20 a 110cm., e abaixo, o horizonte C. No horizonte B aparecem clastos de quartzo dispersos no solo, subarredondados e de diâmetro entre 0,6 e 1 centímetro, até a profundidade de 50 centímetros, onde inicia-se a concentração dos clastos formando uma espessa linha de seixos. Formados em sua maioria de quartzitos e em menor quantidade de quartzo, apresentam forma subarredondada, com predomínio de clastos de diâmetro entre 1,5 e 3 centímetros, com menor número de seixos com diâmetro entre 0,6 a 1,5 centímetros. As linhas de seixos apresentam regularidade horizontal, acompanhando o relevo.

Ponto 07 (UTM 688.347; 7.192.050): localizado nas proximidades da fazenda Canguiri, situa-se no setor intermediário da vertente, em terreno com baixa declividade. Apresenta linha de seixos com 10 centímetros de espessura, com média concentração de clastos, na maioria quartzitos, de formato subarestado a subarredondado, e diâmetros entre 0,6 e 1,2 centímetros. Os clastos estão localizados entre o horizonte B, pouco espesso, e o horizonte C. Apresenta ondulações em sua forma, desta maneira, não seguindo o relevo perfeitamente.

Ponto 08 (UTM 688.271; 7.192.563): o ponto 08 apresenta duas gerações de linhas de seixos, bem delimitadas, também localizado na borda leste da bacia sedimentar de Curitiba, em setor de meia vertente, apresenta duas gerações de linhas de seixos, pouco espessas e bem individualizadas. Estas duas gerações estão inseridas no horizonte B do perfil. A geração superior, na profundidade de 60 centímetros, apresenta clastos de diâmetro entre 0,3 a 1 centímetro, enquanto a segunda geração, na profundidade de 75 centímetros, possui diâmetros entre 0,2 a 0,6 centímetros. Apresentam formato subanguloso.

As *stone-lines* neste ponto apresentam inclinação horizontal, configurando o acompanhamento da linha de seixos com o relevo local.

Também foram observados pontos situados na borda sudeste da bacia sedimentar de Curitiba em que os solos desenvolvidos sobre os sedimentos da formação Guabirotuba não apresentam linhas de seixos.

4.5. RESULTADOS OBTIDOS EM LABORATÓRIO

As análises laboratoriais realizadas no Laboratório de Estudos Sedimentológicos e Petrologia Sedimentar (LabESed – UFPR), tiveram o intuito da determinação das características granulométricas da toposseqüência Fazenda Canguiri. Das trincheiras da toposseqüência foram coletadas 16 amostras deformadas de solo. A análise utilizou o método da pipetagem para a apuração das classes mais finas (pelíticas), enquanto as classes mais grossas foram apuradas por peneiramento.

As amostras buscaram contemplar todos os horizontes das trincheiras, tendo sido retirados uma amostra de cada horizonte. No quadro 16 são apresentadas as amostras, horizontes, trincheiras de origem e profundidades.

QUADRO 16 – Locais das amostras retiradas da toposseqüência para análise laboratorial.

Identificação da amostra	Trincheira	Horizonte	Profundidade (cm.)
TFC-01	T1	A	10-15
TFC-02	T1	AB	35-43
TFC-03	T1	B	72-79
TFC-04	T1	C	100-105
TFC-05	T2	A	0-12
TFC-06	T2	AB	17-21
TFC-07	T2	B	31-39
TFC-08	T2	C	74-88
TFC-09	T3	A	7-13
TFC-10	T3	AB	30-35
TFC-11	T3	B	46-53
TFC-12	T3	C	75-80
TFC-13	T4	A	12-19
TFC-14	T4	AB	47-52
TFC-15	T4	B	46-55
TFC-16	T4	C	75-80

Os dados da análise granulométrica foram então reagrupados, a partir das 18 classes apuradas em laboratório, foram transformadas em 4 classes, conforme indica o quadro 17:

QUADRO 17 – Classes de diâmetro agrupadas

Classe granulométrica	Diâmetro (mm)	Diâmetro (Φ)
grânulo	4 - 2	(-)2,0 – (-) 1,0
areia	2 – 0,062	(-)1,0 – 4,0
silte	0,062 – 0,004	4,0 – 12,0
argila	<0,004	>12,0

Os resultados das análises de granulometria são apresentados no quadro 18.

A quantidade de argila na topossequência é menor no setor superior da vertente, aumentando lateralmente em direção do setor inferior da vertente.

Pode-se observar, na trincheira 1, o aumento da quantidade de argila com a profundidade. Isto não ocorre com as trincheiras 2 e 3, onde entre os horizontes A, AB e B existe um decréscimo de argila com a profundidade, com aumento de argila apenas no horizonte C. Já a trincheira 4 apresenta acréscimo de argila com a profundidade, até o horizonte B, com diminuição na quantidade de argila no horizonte C.

As grandes quantidades relativas de argila nos horizontes C pode decorrer da presença de partículas constituídas por minerais pouco alterados nestes horizontes, como verificado em campo. Nas análises de granulometria, estas partículas tendem a dissociar-se, apresentando-se como argila nos resultados da análise.

QUADRO 18 – Resultados das análises granulométricas laboratoriais

Trincheira	Horizonte	Argila	Silte	Areia	Grânulo
1	A	3,0257	50,341	35,94	10,694
	AB	9,2428	20,001	61,476	9,2807
	B	12,435	30,085	50,345	7,1345
	C	25,472	35,076	37,909	1,5428
2	A	36,771	30,903	23,42	8,9055
	AB	16,539	24,356	53,741	5,3639
	B	8,5802	35,511	48,573	7,336
	C	22,776	24,974	44,534	7,7157
3	A	16,677	36,2919	43,999	3,03222
	AB	14,666	27,3611	53,74	4,2331
	B	7,9898	37,38	46,273	8,35686
	C	19,859	18,5987	46,493	15,0489
4	A	16,035	41,84	36,129	5,994
	AB	20,83	31,68	42,976	4,51
	B	38,017	32,07	28,773	1,141
	C	30,143	35,96	29,68	4,221

Os dados granulométricos revelam altas quantidades de silte. Parte-se da hipótese de que estes altos teores estão também associados à presença de minerais pouco alterados, que no processo de transformação para argila ainda encontram-se com a granulação correspondente ao silte.

A classe granulométrica da areia é a que apresenta maiores quantidades nas sondagens realizadas.

Ao longo da toposseqüência, de maneira geral, há um decréscimo na quantidade de areia do topo para a base da vertente. Porém, os horizontes A das trincheiras 3 e 4 apresentam grandes quantidades de areia quando comparadas com os horizontes A das trincheiras 1 e 2.

Nas quatro trincheiras pesquisadas a maior quantidade de areia correspondem ao horizonte AB, onde geralmente estão localizadas os clastos que compõem as linhas de seixos. A presença de areia associada às linhas de seixos

corroboram os dados de diâmetro coletados em campo, durante a descrição das trincheiras.

Os grânulos, partículas cujo diâmetro é maior que 2mm., apresentam relação com as linhas de seixos, pois é nesta classe granulométrica que se enquadram grande parte dos clastos que compõem as *stone-lines*.

Na toposseqüência, a quantidade de grânulos é maior e mais homogênea nos setores superiores, enquanto que nos setores inferiores da toposseqüência a quantidade de grânulos é desigual ao longo do perfil, com grandes variações entre os horizontes de uma mesma trincheira. Os maiores valores são ligados às ocorrências das *stone-lines* que ocupam todo o horizonte, apresentando grande espessura em sua ocorrência.

Estes dados corroboram as observações de campo, em que se diagnosticou os seixos da porção superior do perfil como *stone-lines* mais generalizadas, enquanto na porção inferior na toposseqüência ocorram linhas de seixo com pouca espessura, mais restritas ao interior de um dos horizontes.

Com a análise dos dados granulométricos, pode-se verificar:

- A quantidade de argila crescente do setor superior para o setor inferior da vertente;
- a trincheira 1 e 4 apresentando acréscimo de argila com a profundidade, e as trincheiras 2 e 3 apresentando anomalias na distribuição da argila, podendo demonstrar evidência ou de movimentação de materiais ou heranças estratigráficas;
- as grandes quantidades relativas de argila nos horizontes C, que podem decorrer da presença de minerais pouco alterados nestes horizontes;
- as altas quantidades de silte, que podem também estar associados à presença de minerais pouco alterados correspondente à classe granulométrica do silte;
- o predomínio de areia, e seu decréscimo do topo para a base da vertente;
- as maiores quantidades de areia no horizonte AB onde geralmente estão as linhas de seixos;
- a relação entre a presença dos grânulos e a ocorrência das linhas de seixos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a execução e finalização desta pesquisa, podem-se fazer algumas considerações:

Para o estudo da toposseqüência fazenda Canguiri, o suporte metodológico da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica mostrou-se eficaz no entendimento das relações do solo com o relevo. Uma vez verificada a transformação lateral entre as características morfológicas na vertente, as alterações nos elementos do solo, nas suas diferentes escalas, são mais facilmente entendidas.

Foram identificadas características importantes da formação Guabirotuba no que se refere aos estudos que relacionam suas características pedológicas e geológicas, como sua situação perante a bacia sedimentar de Curitiba; sua relação com o embasamento e os sedimentos holocênicos, depositados posteriormente; os topos planos sobre os sedimentos da formação Guabirotuba como paleopavimento da Superfície de Curitiba; as oscilações climáticas ocorridas durante a deposição dos sedimentos, alterando as características deposicionais e causando retrabalhamentos de material.

A caracterização da formação Guabirotuba demonstrou que sob a toposseqüência estudada ocorrem sedimentos de granulação entre a média a grossa, devida à posição em relação às bordas da bacia sedimentar (onde ocorrem materiais de grande granulação). O Modelo Digital do Terreno demonstrou que o relevo das proximidades da fazenda Canguiri apresentam forma e extensão semelhantes à vertente que compôs a toposseqüência estudada, o que interfere positivamente na representatividade das observações realizadas.

A toposseqüência em estudo apresentou variações em relação às suas características morfológicas, tanto horizontais quanto verticais. Algumas destas modificações demonstram as transformações decorrentes dos processos pedogenéticos, como por exemplo a cor; enquanto outras modificações oferecem possibilidade para a hipótese da ligação destas ou com processos de transporte

de material na vertente, ou com processos decorrentes das características deposicionais dos sedimentos no qual se originaram os solos estudados.

Sobre os perfis, os resultados que foram obtidos durante a pesquisa puderam inferir sobre a necessidade da identificação dos elementos pedológicos em toda a extensão da toposseqüência. A caracterização da distribuição lateral dos elementos pedológicos foi a base para a pesquisa, sendo que as informações dos perfis não poderiam ser compreendidos sem esta relação.

A metodologia da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica foi também fundamental nesta pesquisa para a compreensão da ocorrência das linhas de seixos. Isto se deve principalmente a dois motivos:

O primeiro deles está relacionado à própria distribuição destas linhas ao longo da vertente. A ocorrência de linha de seixos nas trincheiras e nas tradagens realizadas demonstrou sua existência em toda a extensão da vertente na toposseqüência. No entanto, não de maneira similar, variando na espessura, na quantidade de seixos, na forma e também na localização relativa nos horizontes identificados nas trincheiras. As tradagens demonstraram também que há heterogeneidade na constituição das *stone-lines* mesmo em pequenas distâncias.

Desta heterogeneidade, identificadas por meio da observação de diversas trincheiras, sondagens, e análises realizadas, percebeu-se que as linhas de seixos não possuíam uma regularidade, que pudesse ser explicada por um simples corte vertical. Para compreendê-las foi necessário o entendimento e estudo do solo assim, como é definido pela Análise Estrutural da Cobertura Pedológica.

O segundo aspecto está relacionado às escalas de análise que podem ser utilizadas na análise estrutural da cobertura pedológica (da escala da paisagem até a escala microscópica). Este fato permitiu nesta pesquisa que fossem feitas relações entre observações realizadas: desde a escala macroscópica, passando pela vertente, até a bacia sedimentar como um todo.

Verificou-se o fato de que, como nos aponta a bibliografia consultada, seria um erro afirmar que apenas um dos processos deve elucidar a gênese de todas as formas de linhas de seixos (BIGARELLA, BECKER e SANTOS, 1994) .

Porém, para os casos encontrados nesta pesquisa, e de acordo com as hipóteses de gênese das linhas de seixos encontradas na bibliografia consultada,

as observações realizadas nesta pesquisa, sem o intuito de se tomar as considerações como definitivas, demonstram semelhanças com a hipótese do transporte de materiais em superfície, devido aos indícios da interferência das oscilações paleoclimáticas nos sedimentos da bacia sedimentar de Curitiba a características como ocorrência de mais de uma geração de linhas de seixos no mesmo ponto, à seleção de diâmetros e aos formatos tendendo para o arredondamento, indicando rolamento.

Outros pontos demonstraram que as próprias rochas do embasamento, como o encontrado no ponto 1 do Campo de correlação na bacia sedimentar de Curitiba podem ser as fornecedoras, neste caso *in situ* dos clastos que comporiam as *stone-lines*. Este fato poderia explicar a falta de seleção e os formatos angulosos de algumas das ocorrências (como no ponto 4 do campo de correlação). Esta outra situação pode demonstrar a pertinência das hipóteses do desenvolvimento local em oscilações climáticas, ou então a denominada hipótese do estado de equilíbrio.

De acordo com a proposta desta pesquisa, as observações do ponto de vista pedológico várias vezes interagiram diretamente com elementos de caráter sedimentológico. O motivo para tal situação está na natureza da origem dos sedimentos que compõem a bacia sedimentar de Curitiba.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, Aziz Nacib. Notas a respeito do sítio urbano de Curitiba, PR. **Geomorfologia**, São Paulo, nº 3, 1966, 15 p.

AB'SABER, Aziz Nacib. Uma revisão do Quaternário paulista: do presente para o passado. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, nº 4, 1969, p. 1-33.

AB'SABER, Aziz Nacib; BIGARELLA, João José. Superfícies aplainadas do Primeiro Planalto Paranaense. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, nº 4/5, 1961, p. 116-125.

AZEVEDO, Antonio Carlos de. Funções ambientais do solo. In: AZEVEDO, Antonio Carlos de; DALMOLIN, Ricardo Simão Diniz; PEDRON, Fabrício de Araújo. **Solos e Ambiente: I Fórum**. Santa Maria: Pallotti, 2004. p. 7-22.

AZEVEDO, Antonio Carlos de; DALMOLIN, Ricardo Simão Diniz. **Solos e Ambiente**. Santa Maria: Pallotti, 2004. 100 p.

BEAUMONT, P. ; PHILO, C. Environmentalism and Geography: The great debate? In: MATTHEWS, J. A. ; HERBERT, D. T. **Unifying Geography: Common heritage, shared future**. Routledge: London, 2004.

BELTRAME, Ângela da Veiga. O estudo dos solos em Santa Catarina e a análise estrutural. **GeoSul**, Florianópolis, vol. 13, nº. 26, 1998, p. 109-121.

BERTRAND, G. Paysage et Géographie globale: esquisse méthodologique. **Rev. Géograph. Pyrénéis et du Sud – Quest**, v. 39, n. 3, p. 249-272, 1968.

BIGARELLA, João José. Variações climáticas no Quaternário e suas implicações no revestimento florístico do Paraná. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, nºs. 10, 11, 12, 13, 14 e 15, 1964, p. 210-231.

BIGARELLA, João José; SALAMUNI, Riad. Notas sobre o significado paleoclimático da bacia de Curitiba. **Notícia geomorfológica**, Campinas, nº. 1, 1958a, p. 14-16.

BIGARELLA, João José; SALAMUNI, Riad. Considerações sobre o Paleoclima da bacia de Curitiba. **Boletim do Instituto de História Natural – Série Geologia**, Curitiba, nº. 1, 1958b, p. 1-10.

BIGARELLA, João José; SALAMUNI, Riad. Caracteres texturais dos sedimentos da bacia de Curitiba (contribuição à Geologia Geral). **Boletim da Universidade do Paraná**, Curitiba, nº. 7, 1962, p. 1-164.

BIGARELLA, João José; SALAMUNI, Riad; AB'SÁBER, Aziz Nacib. Origem e ambiente de deposição da bacia de Curitiba. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, n.º 4/5, 1961, p. 71-81.

BIGARELLA, João José; BECKER, Rosemari Dora; SANTOS, Gilberto Friedenreich dos. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: EDUFSC, vol. 1, 1994, 426 p.

BIGARELLA, João José; BECKER, Rosemari Dora; PASSOS, Everton. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: EDUFSC, vol. 2, 1996, 450 p.

BLANCHET, Isabelle V. R. P; CHUEH, Anderson.;LIMA, Eliane C.; ALMEIDA, Elisângela S.; SARAIVA, Fabiano; MOLETTA, Idene M.; VIEIRA, João E. M.; BOIKO, Josemara D.; ZEM, José M.; JESUS, Kátia M.; COLLERE, Maria A. O.; BRISKI, Sandro J.; ARAÚJO, Wilson J. **Relatório de Aula de Campo fazenda Canguiri**. Curitiba, 2003. 21 f. Trabalho de conclusão de disciplina (Disciplina Análise Estrutural da Cobertura Pedológica) – Programa de Pós Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

BOURGEAT, Frederic; PETIT Michael. Les “stone-lines” et les terrasses alluviales des hautes terres malgaches. **Cahiers ORSTOM**, sér. Pédologie, vol. IV, nº. 2, 1966.

BUCKMAN, Harry; BRADY, Nyle. **Natureza e propriedades dos solos: compêndio universitário sobre edafologia**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1974, 594 p.

CANALI, Naldy Emerson; MURATORI, Ana Maria. Síntese da evolução geomorfológica da bacia sedimentar de Curitiba. In: Simpósio Regional de Geologia, 3, 1981, Curitiba. **Atas do III Simpósio Regional de Geologia**, Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, 1981. vol. 1, p. 363-371.

CASTRO, Selma Simões de. **Micromorfologia de Bases para descrição de lâminas delgadas**. Campinas:UNICAMP. 2002. 144 p.

COLLINET, Jean. Contribution a l'étude des "stone-lines" dans la région du Moyen-ogooué (Gabon) **Cahiers ORSTOM**, sér. Pédol., vol. VII, nº. 1, 1969.

CHISTOFOLETTI, Antônio. O fenômeno morfogenético no Município de Campinas. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, nº 8, p. 3-97

FELIPE, Rogério da Silva; **Mapeamento geológico-geotécnico na região do Alto Iguaçu**. Curitiba: MINEROPAR, 2V., 1994.

DALMOLIN, Ricardo Simão Diniz; PEDRON, Fabrício de Araújo. Distribuição dos solos no ambiente. In: AZEVEDO, Antonio Carlos de; DALMOLIN, Ricardo Simão Diniz; PEDRON, Fabrício de Araújo. **Solos e Ambiente: I Fórum**. Santa Maria: Pallotti, 2004. p. 23-40.

FELIPE, Rogério da Silva. **A gestão de riscos geológicos urbanos, erosão e movimento gravitacional de massa na formação Guabirotuba**. Curitiba, 1998. 45 f. Monografia (Especialização em Gestão Técnica do meio urbano) - Setor, Pontifícia Universidade Católica do Paraná e Université de Technologie de Compiègne – France.

FERNANDES BARROS, Omar Neto. **Análise Estrutural e cartografia detalhada de solos em Marília, estado de São Paulo: ensaio metodológico**. São Paulo, 1985. 146 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – FFLCH, Universidade de São Paulo.

FERNANDES BARROS, Omar Neto. Procedimento de campo e gabinete no levantamento de TOPOSSEQÜÊNCIAS. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, nº. 63, 1986, p. 5-12.

LEMOS, Raimundo Costa de; SANTOS, Raphael David dos. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 2ª edição; Campinas: SBCS, 1984. 46 p.

LEPSCH, Igo. **Formação e Conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178 p.

MADE; **Urbanização e recursos hídricos na região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba: UFPR, 2004. 78.

MANFREDINI, Sidneide; DIAS, Sônia Maria Furian; QUEIROZ NETO, José Pereira; OLIVEIRA, Déborah de; FERREIRA, Rosely Pacheco Dias. Técnicas em Pedologia. In: VENTURI, Luis Antonio Bittar (org). **Praticando a Geografia: técnicas de campo e laboratório em Geografia e análise ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. p. 85-98.

MARQUES, Renato; SOUZA, Lígia Carla de. **Recomposição florística da mata ciliar do Rio Canguiri e revegetação das margens da Represa do Iraí**. Disponível em <<http://www.sanepar.com.br/sanepar/gecip/forum.nsf>> Acesso em: 11 dez. 2004.

MINEROPAR, **Cartas Geomorfológicas do Estado do Paraná**. Curitiba: MINEROPAR, 2006, 64 p.

MUNSELL COLOR. **Munsell Soil Color Charts**. Year 2000 ediction. New Windsor: Munsell Color. 2000.

PORTO, Cláudio Gerheim. Intemperismo em Regiões Tropicais. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista (orgs.) **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 25-58.

NASCIMENTO, Paulo César do; GIASSON, Élvio; INDA JR, Alberto Vasconcelos. Aptidão de uso dos solos e meio ambiente. In: AZEVEDO, Antonio Carlos de; DALMOLIN, Ricardo Simão Diniz; PEDRON, Fabrício de Araújo. **Solos e Ambiente: I Fórum**. Santa Maria: Pallotti, 2004. p. 41-58.

QUEIROZ NETO, José Pereira de. O estado atual dos estudos dos solos brasileiros. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, nº. 41, 1964, p. 3-22.

QUEIROZ NETO, José Pereira. Análise estrutural da Cobertura Pedológica no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 21, 1988, Campinas. **Anais do XXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Campinas: SBCS, 1988. p. 415-429.

QUEIROZ NETO, José Pereira de. Geomorfologia e Pedologia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, vol. 1, nº. 1, 2000, p. 59-67.

RESENDE, Mauro; CURI, Nilton; REZENDE, Sérvulo Batista de; CORRÊA, Gilberto Fernandes. **Pedologia: Base para a distinção dos ambientes**. 3ª edição; Viçosa: NEPUT, 1999. 338 p.

RHEINHEIMER, Danilo Santos; GONÇALVES, Celso Silva; PELLEGRINI, João Batista Rossetto. Solos e contaminação da água. In: AZEVEDO, Antonio Carlos de; DALMOLIN, Ricardo Simão Diniz; PEDRON, Fabrício de Araújo. **Solos e Ambiente: I Fórum**. Santa Maria: Pallotti, 2004. p. 79-98.

RIFFEL, Silvana Bressan. **Curva hipsométrica no mapeamento de paleosuperfícies: abordagem quantitativa**. Curitiba, 2005. 76 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) – UFPR.

RIQUIER, Jean. Contribution a l'étude des "stone-lines" en régions tropicale et équatoriale. **Cahiers ORSTOM**, sér. Pédol., vol. VII, n^o. 1, 1969.

RUELLAN, Alain. A história dos solos: alguns problemas de definição e de interpretação. **Geografia**, Rio Claro, vol. 10, n^o. 19, 1985, p. 183-191.

RUELLAN, Alain. Pedologia e desenvolvimento: a ciência do solo a serviço do desenvolvimento . In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 21, 1988, Campinas. **Anais do XXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Campinas: SBCS, 1988a. p. 69-74.

RUELLAN, Alain. Contribuição das pesquisas em zona tropical ao desenvolvimento da ciência do solo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 21, 1988, Campinas. **Anais do XXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Campinas: SBCS, 1988b. p. 405-414.

RUELLAN, Alain. Uma experiência pedagógica de pedologia a serviço de pequenos agricultores. **Boletim Paulista de Geografia**, n^o 73, 1994.

RUELLAN, Alain; DOSSO M.; FRITSCH, E. L'analyse structurale de la couverture pédologique. **Science du Sol**, v. 27, p. 319-334. (1989)

SALAMUNI, Eduardo. **Tectônica da bacia sedimentar de Curitiba (PR)**. Rio Claro, 1998. 233 f. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – UNESP.

SALAMUNI, Eduardo; EBERT, Hans Dirk; BERNARDI, José Vicente Elias; BORGES, Maurício da Silva. Mapeamento do contorno estrutural do embasamento da bacia sedimentar de Curitiba – PR, **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, nº. 45, 1997, p. 133-148.

SALAMUNI, Eduardo; EBERT, Hans Dirk; HASUI, Yociteru. Morfotectônica da bacia sedimentar de Curitiba, **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, vol. 34, nº. 4, 2004, p. 469-478.

SANTOS, Leonardo José Cordeiro. Contribuição da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica ao desenvolvimento da Ciência do Solo. In: **RA'E GA: O espaço geográfico em análise**. Curitiba: UFPR, nº. 4, 2000.

SEGALEN Paul. Le remaniement des sols et la mise en place de la stone-line en Afrique. **Cahiers ORSTOM**, sér. Pédol., vol. VII, nº. 1, 1969.

SILVA, Antônio Soares da. Análise Morfológica dos solos e erosão. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; SILVA, Antônio Soares da; BOTELHO, Rosângela Garrido Machado (orgs.) **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 101-126.

SUGAMOSTO, Maria Lúcia. **Uso de Técnicas de Geoprocessamento para Elaboração de Mapa de Aptidão Agrícola e Avaliação da Adequação de Uso do Centro de Estações Experimentais do Canguiri, Município de Pinhais - Paraná**. Curitiba, 2002. 133 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná.