

EVERTON PASSOS

RELAÇÃO ENTRE VERTENTES E SOLOS EM  
UMBARÁ - CURITIBA - PR

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia área de Concentração "Ciência do Solo" do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre

CURITIBA

1987



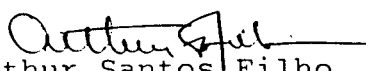
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA-ÁREA DE CONCENTRAÇÃO  
"CIÊNCIA DO SOLO"

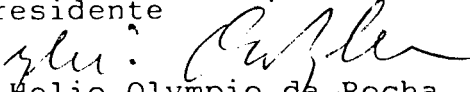
P A R E C E R

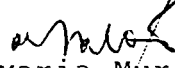
Os Membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato EVERTON PASSOS, com o título "RELAÇÃO ENTRE VERTENTES E SOLOS EM UMBARÁ-CURITIBA-PR.", para obtenção do grau de Mestre em Agronomia - Área de Concentração "Ciência do Solo" do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de parecer pela **APROVAÇÃO** da Dissertação, completando assim, os requisitos necessários para receber o grau e o diploma de **Mestre em Agronomia - Área de Concentração "Ciência do Solo"**.


Observação: O critério de avaliação da Dissertação e defesa da mesma é apenas **APROVADA** ou **NÃO APROVADA**.

Secretaria do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Área de Concentração "Ciência do Solo", em Curitiba, 10 de julho de 1.987.

  
Professor Arthur Santos Filho, Dr.  
Presidente

  
Professor Helio Olympio da Rocha, Dr.  
Primeiro Examinador

  
Professora Ana Maria Muratori, M.Sc.  
Segundo Examinador

  
Prof. Carlos Bruno Reissmann  
Coord. de Pós-Graduação em Agronomia  
Área de Concentração "Ciência do Solo"  
Matrícula 4924

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos professores Arthur Santos Filho, João José Bigarella e Hélio Olympio da Rocha pela colaboração e orientação prestada bem como pelo apoio, críticas e sugestões oferecidas. Os agradecimentos são extensivos a laboratorista Cleusa Maria Corrêa Lopes, a desenhista Antonia Joana P. Taborada, a Rosemary Regina Hoffmann Negretti pelos serviços de mecanografia e reconhecimento e agradecimento especial a Tania Mara Costa Passos pelo apoio e estímulo dados e auxílio na diagramação do texto. Nossos agradecimentos são também extensivos a todos que colaboraram direta ou indiretamente para a realização desta contribuição.

## S U M Á R I O

	LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	v
	LISTA DE TABELAS.....	viii
	RESUMO.....	ix
1.	INTRODUÇÃO.....	01
2.	REVISÃO DA LITERATURA.....	04
2.1	Modelado das vertentes.....	04
2.2	Superfícies e níveis de erosão.....	12
2.2.1	Níveis de erosão e/ou sedimentação da Bacia de Curitiba.....	18
2.2.2	Caracteres granulométricos e divisão das unidades sedimentares.....	23
2.3	Relação superfícies geomorfológicas e solos..	26
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
3.1	Material cartográfico básico.....	34
3.2	Mapeamento geomorfológico.....	35
3.3	Solos.....	36
3.3.1	Análises físicas.....	36
3.3.2	Análises químicas.....	36
3.3.2.1	Carbono orgânico, pH e elementos trocáveis...	37
3.3.2.2	Análise do Fe, Al e Mn.....	38
3.4	Análises sedimentológicas.....	40
3.4.1	Análise granulométrica.....	40
3.4.2	Parâmetros estatísticos.....	40

4.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA.....	43
4.1	Localização.....	43
4.2	Fisiografia.....	46
4.3	Hidrografia.....	48
4.4	Geologia.....	50
4.5	Clima.....	53
4.6	Vegetação.....	58
4.7	Solos.....	59
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
5.1	Geomorfologia.....	62
5.1.1	Aspectos sedimentológicos.....	62
5.1.2	Fotointerpretação e cartografia.....	76
5.2	Solos.....	80
5.2.1	Morfologia.....	80
5.2.2	Granulometria.....	84
5.2.3	Características químicas.....	101
5.2.3.1	Elementos trocáveis, pH, valor V e CTC.....	101
5.2.3.2	Extração do Fe, Al e Mn .....	107
5.3	Relações entre solos e vertentes.....	118
6.	CONCLUSÕES.....	132
	SUMMARY .....	136
	ANEXOS.....	138
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	183

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURA

1	EVOLUÇÃO DO MODULADO DAS VERTENTES.....	9-11
2	ESQUEMA DAS RELAÇÕES ESPACIAIS EXISTENTES ENTRE AS DIVERSAS SUPERFÍCIES DEGRADACIONAIS E AGRADACIONAIS.....	17
3	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO MUNICÍPIO DE CURITIBA E ARREDORES.....	44
4	LOCALIZAÇÃO DOS PERFIS.....	45
5	DIAGRAMA: OBTIDOS ATRAVÉS DE PERFIS TOPOGRÁFICOS PROJETADOS DA PORÇÃO MAIS BAIXA (SUL), PARA A MAIS ELEVADA (NORTE).....	46
6	TOPOGRAFIA.....	47
7	DRENAGEM.....	49
8	GEOLOGIA.....	51
9	CENTROS DE AÇÃO ATUANTES NA ÁREA.....	54
10	SISTEMAS DE CIRCULAÇÃO PERTURBADA NA REGIÃO	56
11	ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS .....	57
12	SOLOS DA ÁREA E PROXIMIDADES SEGUNDO O MAPA DE SOLOS DO ESTADO.....	60

13	LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE VERIFICAÇÃO DA COBERTURA SEDIMENTAR E DO EMBASAMENTO.....	63
14	DECLIVIDADE.....	65
15	SEÇÃO GEOMORFOLÓGICA PEDIMENTO $P_1$ .....	66
16	BAIXOS NÍVEIS (RAMPAS).....	67
17	CURVAS DE FREQUÊNCIA GRANULOMÉTRICA ACUMULADA DOS PEDIMENTOS ANTIGOS RELACIONADOS AO PEDI - PLANO $Pd_1$ .....	68
18	CURVAS DE FREQUÊNCIA GRANULOMÉTRICA ACUMULADA DE PEDIMENTOS RECENTES RELACIONADOS AOS NÍVEIS $P_1$ e $P_2$ .....	69
19	CURVAS DE FREQUÊNCIA GRANULOMÉTRICA ACUMULADA DOS BAIXOS NÍVEIS (RAMPAS).....	70
20	DIAGRAMA DE PERFIS PROJETADOS OESTE-LESTE.....	71
21	CLASSIFICAÇÃO DAS CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICAS DAS AMOSTRAS DE SOLOS COLETADOS EM UMBARÁ.....	73
22	SUPERFÍCIES GEOMORFOLÓGICAS EM UMBARÁ.....	78
23	NÍVEIS DE EROÇÃO E/OU SEDIMENTAÇÃO EM UMBARÁ..	79
24	DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DAS DIFERENTES FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS.....	86

25	VARIAÇÃO VERTICAL NAS RELAÇÕES GRANULOMÉTRICAS PERFIS 1, 2, 3 e 12.....	96
26	VARIAÇÃO VERTICAL NAS RELAÇÕES GRANULOMÉTRICAS PERFIS 10, 11 e 13.....	98
27	CTC (MINERAL) VARIAÇÃO VERTICAL.....	106
28	DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS QUOCIENTES $Mn_o/Mn_d$ , $Al_o/Al_d$ E $Fe_o/Fe_d$ . PERFIS: P1, P2, P3, P10 E P11. ....	113
29	DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS QUOCIENTES $Mn_o/Mn_d$ , $Al_o/Al_d$ E $Fe_o/Fe_d$ . PERFIS: P12 e P13.....	114
30	DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS QUOCIENTES $Mn_d/Mn_t$ , $Al_d/Al_t$ E $Fe_d/Fe_t$ . PERFIS: P1, P2, P3 E P10 ...	116
31	DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS QUOCIENTES $Mn_d/Mn_t$ , $Al_d/Al_t$ E $Fe_d/Fe_t$ . PERFIS: P11, P12 E P13.....	117
32	RELAÇÕES ESPACIAIS ENTRE SUPERFÍCIES GEOMÓRFI- CAS (NÍVEIS), FORMAÇÕES SUPERFICIAIS E SOLOS..	118
33	RELAÇÕES ENTRE SOLOS-SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS DEPÓSITOS SEDIMENTARES NA ÁREA ESTUDADA.....	122
34	GRÁFICO DE FREQUÊNCIA GRANULOMÉTRICA ACUMULADA, HORIZONTES B DOS SOLOS ESTUDADOS.....	129

## LISTA DE TABELAS

### TABELA

1	SUPERFÍCIES DE APLAINAMENTO E CRONOLOGIA.....	14
2	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS: GRANULOMETRIA.....	74
3	LIMITES EXTREMOS ENCONTRADOS NOS PARÂMETROS CAL CULADOS PARA OS DIFERENTES PERFIS DE SOLOS.....	75
4	GRANULOMETRIA.....	87
5	RELAÇÕES GRANULOMÉTRICAS.....	95
6	VARIAÇÕES VERTICAIS NOS VALORES DAS RELAÇÕES GRANULOMÉTRICAS.....	100
7	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS PERFIS ESTUDADOS..	103
8	EXTRAÇÕES DO Fe, Al E Mn E RELAÇÕES ENTRE Mn <sub>o</sub> /Mn <sub>d</sub> , Mn <sub>d</sub> /Mn <sub>t</sub> , Al <sub>o</sub> /Al <sub>d</sub> , Al <sub>d</sub> /Al <sub>t</sub> , Fe <sub>o</sub> /Fe <sub>d</sub> E Fe <sub>d</sub> /Fe <sub>t</sub> .....	111
9	RELAÇÕES SUPERFICIAIS GEOMÓRFICAS E SOLOS: CA- RACTERÍSTICAS GERAIS DO HORIZONTE B NOS DIFEREN TES SOLOS.....	127

## RESUMO

Na presente pesquisa procurou-se relacionar as características morfogênicas de alguns solos representativos da localidade de Umbará-Curitiba, Estado do Paraná, com a evolução das vertentes e respectivas superfícies geomorfológicas, e o material de origem do qual foram desenvolvidos; visando obter subsídios para facilitar estudos e levantamentos mais detalhados dos solos, assim como, compreender melhor a geomorfologia local e regional quanto às formações superficiais e suas relações com a dinâmica ambiental atual e principalmente do passado geológico. Segundo a literatura consultada foi durante o Terciário e Quaternário, que ocorreram as principais mudanças no processo evolutivo da paisagem, relacionadas a gênese, evolução das vertentes e solos. Estas sucessões de processos são reportadas a fatores de ordem geológica e principalmente climática. As alternâncias climáticas mais significativas são evidenciadas no modelado das vertentes e interflúvios da paisagem atual. Apesar de não se poder afirmar com certeza, quantas fases alternantes de erosão e sedimentação ocorreram na área, durante o período do Quaternário, há indícios de pelo menos 12 níveis ou sub-níveis de erosão e/ou sedimentação mapeados (fotointerpretação), resultantes de ciclos que compreenderam: (a) Fase de alteração e pedogênese, formação de perfil com maior ou menor desenvolvimento, dependendo das condições ambientais e do tempo de estabilidade (domínio de processos pedogenéticos sobre os morfogênicos); (b) Fase de erosão parcial mais generalizada, com destruição do horizonte "A" e "B", respectivamente; (c) Fases de recobrimento, primeiro por cascalho miúdo e posteriormente por material mais heterogêneo. Destes ciclos resultaram várias classes de solos identificados na área, onde nas superfícies localizadas nas porções de vertentes mais antigas (Plio-Pleistocênicas), relativamente preservadas encontram-se solos mais antigos e desenvolvidos morfologicamente, com maior grau de intemperismo (solos com horizonte B-Latossólico e B-texturais). Nestas mesmas superfícies rebaixadas, e em níveis erosionais mais recentes (Quaternário e Holoceno) originários de materiais remobilizados pela morfogênese, truncados por fases erosivas, encontrados também em níveis intermediários aos pedimentos e ainda, em baixos níveis agradacionais, localizam-se os solos; objeto deste estudo, pertencentes as classes com B-textural (mais recentes) e Câmbico (muitas vezes apresentando um paleo-horizonte B), originários de solos transportados e/ou de sedimentos intemperizados em ciclos anteriores, o que, confere aos solos relativamente recentes e morfologicamente pouco desenvolvidos (Cambissolos), um grau de intemperismo semelhante, apenas apresentando pequenas variações, em função do material original. Com os resultados obtidos, através de procedimentos integrados, pedo-geomorfológicos (análises laboratoriais granulométricas e químicas - extração de elementos trocáveis e dos óxidos; Fe, Al e Mn); foi possível, confirmar, e caracterizar as superfícies geomórficas e respectivos solos, e através de indicadores estabelecer as relações entre a evolução das vertentes, suas origens e distribuição. Os resultados

apresentados poderão ser melhor avaliados através da complementação das análises laboratoriais principalmente pela mineralogia da fração argila, dos minerais pesados e morfometria das partículas texturais especialmente da fração areia e esqueleto do solo.

## 1. INTRODUÇÃO

Os estudos sobre a relação entre vertentes e solos são de significativa importância para explicar a origem, distribuição e diversificação dos solos atuais, e o seu comportamento ao longo do tempo geológico. Neste caso a geomorfologia é considerada como instrumento importante, dada as suas integrações com a geologia e a pedologia através de seus elementos de estudo; material de origem, feições e estrutura do relevo e os agentes (processos dinâmicos), facilitando a compreensão de relações existentes entre estas unidades morfológicas e os solos.

A importância do estudo geomorfológico das vertentes relacionando sua origem e evolução, com a formação e gênese de solos, vem sendo demonstrada por pesquisadores com freqüência nos últimos decênios, dentre vários trabalhos publicados podem ser citados autores como: NORTON & SMITH\* - RUHE<sup>102</sup>; BUTLER<sup>39</sup>; RUHE & WALKER<sup>104</sup>; YOUNG<sup>133</sup>; DANIELS et alii<sup>49</sup>; BECKETT<sup>11</sup>; FURLEY<sup>62</sup>; BIRKELAND<sup>36</sup>; DERBYSHIRE<sup>56</sup> e TRICART<sup>124</sup> entre outros.

O inter-relacionamento destas unidades geomorfológicas nas suas variações devidas a ação dos processos de evolução, a diversificação dos produtos de erosão e/ou sedimentação, e os períodos de instabilidade físico e físico-química diante de mudanças nos processos morfogenéticos e pedogenéticos, genericamente são evidenciadas nas feições topográficas

---

(\*) NORTON, E.A. & SMITH, R.S. The influence of topography on soil profile character. J.Amer. Soc. Agron. 22: 251-262 citado por OLLIER, G. Weathering. New York, ed Longman 1979.

e na distribuição dos solos e que quando associadas, caracterizam unidades pedo-geomorfológicas.

A área pesquisada compreende uma porção da Bacia Sedimentar de Curitiba, onde são encontradas antigas superfícies de erosão e/ou sedimentação, das quais a superfície mais elevada, denominada por BIGARELLA et alii<sup>28</sup>, "Superfície de Curitiba", é entalhada por vales, em cujos fundos, por vezes, são encontrados amplos aluviões, contornados por um relevo de origem "estrutural" MARINI<sup>86</sup>, HASUI & ALMEIDA<sup>66</sup>, cujas vertentes sofreram "reafeiçoamento" policíclico de "erosão e agradacão" BIGARELLA & SALAMUNI<sup>24-25</sup>, BIGARELLA & MOUSINHO<sup>21</sup>, BECKER<sup>10</sup>.

Entre os materiais de origem na área de estudo são encontrados nas vertentes, depósitos sedimentares distintos desde os mais antigos detritos de pediplanação e pedimentação, até os mais recentes encontrados nas rampas (leques e demais depósitos colúvio-aluviais e aluviais). Sendo identificados em diferentes posições topográficas: aluviões, colúvio-alúvios, colúvios e elúvios. A partir destes materiais desenvolveram-se solos heterogêneos desde os poucos evoluídos, "Cambissolo (Inceptisol) até os mais desenvolvidos, classificados como B-textural (Ultisol e Mollisol) e/ou Latossolo (Oxisol)" ROCHA<sup>101</sup>.

A alternância dos processos morfogenéticos no Quaternário, além de originar estas superfícies escalonadas de erosão e sedimentação quaternárias e respectivos solos, remodelaram mais ou menos significativamente as superfícies antigas da Era Terciária, mesclando seus depósitos correlativos,

truncados e/ou soterrando solos mais recentes, originando sucessivamente superfícies novas e respectivos depósitos, gerando unidades pedo-estratigráficas complexas e que foram até o presente pouco estudadas no Brasil, o que motivou serem tomadas como principal objeto do presente estudo, numa tentativa de contribuir para o melhor conhecimento destas unidades.

O modelado particular destas superfícies nas vertentes, com sucessão de rupturas de declive, ombreiras, rampas e patamares; em níveis intermediários escalonados, são feições bastante frequentes na região.

As variações de estabilidade físico-química a que estas unidades geomorfológicas estiveram ou estão sujeitas, face a mudanças nos processos morfogenéticos e pedogenéticos, são de modo genérico registrados por feições topográficas e estruturais, que permitem analisar no espaço e no tempo o comportamento dinâmico das vertentes e em especial dos solos mais antigos (paleossolos), sua origem, evolução e disposição em toposseqüências.

Tendo como referência o exposto objetiva-se com a presente investigação confirmar algumas relações existentes entre a evolução das vertentes, e a gênese de alguns solos, na região de Umbará-Curitiba. Para tal a pesquisa baseou-se, além de apoio bibliográfico, em critérios de levantamentos geomorfológicos desenvolvidos desde 1978, cujos resultados preliminares conduziram a elaboração desta dissertação, que está estruturada sob referencial geomorfológico e pedológico integrados a levantamentos específicos efetuados no local estudado.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Modelado das vertentes

As condições de modelado das vertentes atuais, são produto de reafeiçoamento da paisagem desenvolvida em ambientes do passado geológico. Nestas superfícies, segundo BIGARELLA e MOUSINHO<sup>21</sup> os principais agentes modeladores, erosão e sedimentação, tiveram grande variação hidrológica, face a ação da "tectônica", em especial a "climática" operando de maneira distinta nas sucessivas fases de transição, entre as diferentes condições ambientais.

A formação e evolução das vertentes tem sido tentativamente explicada por inúmeros geomorfólogos na última metade do século.

Trabalhos dedutivos mais ou menos teóricos tem apresentado esquemas ou modelos explicativos deste problema, dos quais destacaram-se como proposições pioneiras as de DAVIS<sup>51-52</sup>, PENCK<sup>95</sup> e KING<sup>74-76</sup>.

O esquema evolutivo apresentado por DAVIS<sup>51-52</sup>, destaca a importância da ação da gravidade e a capacidade de transporte dos rios, como principais fatores modeladores, e atribui aos movimentos crustais a ativação dos processos erosivos. Ainda segundo este autor, o relevo evolui em estágios passando da juventude (erosão linear) até atingir a senilidade quando a capacidade de erosão fluvial passa a ser insuficiente para transportar o material fornecido pelas encostas.

PENCK<sup>95</sup> chama atenção em seu modelo dedutivo teórico, que a evolução das vertentes, deve ser reportada a interação do levantamento crustal e denudação, os quais segundo o autor apresentam um processo de ação diferencial, face a velocidade de atuação destes fatores. Deste modo são gerados perfis de vertentes característicos, sendo **convexos** quando a denudação é mais lenta que o levantamento, **retilíneos** quando há estabilidade entre os fatores, e **côncavas** onde a denudação é mais ativa que o levantamento.

KING<sup>74-76</sup> propôs um modelo teórico mais complexo de interpretação de evolução da paisagem quanto a associação de formas. Por outro lado, considera que as condicionantes físicas que operam no modelado das encostas são as mesmas sob qualquer condição climática. Segundo o mesmo autor as diferenças locais devem ser atribuídas a ação desproporcional de um ou alguns agentes físicos e/ou a diferenças litológicas. KING<sup>76</sup> definiu 4 elementos básicos componentes da vertente ideal. Estes componentes são respectivamente; do topo para o talvegue; seção convexa, seção retilínea (**free face**) no setor côncavo a seção detrítica e finalmente um pedimento.

Basicamente, os trabalhos pioneiros destes três autores, servem como referencial para discussão, novas interpretações e criação de novos modelos, para inúmeros geomorfólogos como BAULING<sup>08</sup>, CAILLEUX<sup>40</sup>, STRAHLER<sup>119</sup>, BIROT<sup>35</sup>, HACK<sup>65</sup>, SCHEIDGGER<sup>114</sup>, CRICKMAY<sup>47\*</sup>, DERRUAU<sup>57</sup>, DALRYMPLE et alii<sup>48</sup>, YOUNG<sup>133</sup>, DERBYSHIRE<sup>56</sup>, CHOWDURI<sup>41</sup>, e no Brasil BIGARELLA MOU SINHO & SILVA<sup>22</sup> e CHRISTOFOLETTI<sup>42</sup>, cujos esquemas ou mode-

(\*) Citado em SCHEIDGGER A.E. Theoretical morphology. Berlin, Springer, Berlin, 1961. 116p.

los e teorias são mais ou menos flexíveis, quando aplicados à realidade local.

Dentre as diferentes opções apresentadas pela literatura para interpretação da paisagem local, julgou-se mais conveniente a proposição de BIGARELLA et alii<sup>30</sup>.

Assim a origem e evolução da paisagem, está relacionada a uma gênese complexa policíclica, conforme estudos desenvolvidos por BIGARELLA et alii<sup>30</sup>, BIGARELLA & AB'SABER<sup>18</sup>, BIGARELLA & BECKER<sup>20</sup> entre outros. As vertentes da paisagem atual e seus depósitos, são muitas vezes remanescentes de paleobacias, ou de sistemas hidrográficos que se instalaram em períodos de condições climáticas mais severas, do tipo semi-árido, BIGARELLA & SALAMUNI<sup>25</sup>, quando ocorreram períodos prolongados de estiagem e generalizada degradação lateral, intercalados por chuvas concentradas, que antecidos pela vigência de clima úmido produziu grande quantidade de material rochoso decomposto, em volume suficiente para entulhar vales e provocar capturas e mudanças de cursos de rios durante as alternâncias climáticas, o que propiciou um nivelamento de terreno, "pedimentação" BIGARELLA et alii<sup>30</sup>.

Segundo BIGARELLA & BECKER<sup>20</sup> a formação de pedimentos, na maioria dos casos, está relacionada a condições do passado, quando a natureza e intensidade de processos sub-aéreos promoveu a degradação lateral da paisagem. Entendendo-se por degradação lateral o conjunto de mecanismos físicos e químicos, que propiciaram condições favoráveis para o desenvolvimento de superfícies erosivas planas ou suavemente inclinadas.

O aprofundamento do vale a curto prazo nestas condições, pode ser inerente à atuação dinâmica dos processos de degradação linear. "Tais fases de embutimento de curta duração dentro de segmentos gradacionais e/ou agradacionais de longa duração, podem ser indicadas por diastemas no registro geológico" BIGARELLA & BECKER<sup>20</sup>. Neste caso eles não são considerados, inconformidades erosionais, portanto, não devem ser comparável com a erosão produzida por um longo episódio de aprofundamento de canais (BIGARELLA et alii<sup>30</sup>) e BIGARELLA & BECKER<sup>20</sup>.

Os processos de degradação lateral, devem ter ocorrido de maneira cíclica durante o Cenozóico em todos os continentes. Entretanto, essas condições ocorreram em diferentes substratos geológicos, relevo, solos, clima e cobertura vegetal. A eles são relacionados a períodos de alta energia no desenvolvimento da paisagem. A forma geométrica dos pedimentos rochosos e a estrutura dos pedimentos detríticos, também sugerem alto influxo de energia (BIGARELLA et alii<sup>21-30</sup>).

Segundo LANGBEIN & SCHUMM<sup>7,8</sup>; SCHUMM<sup>115</sup> sob condições climáticas áridas, a energia erosional não é suficientemente competente para promover o nivelamento efetivo do terreno (reco das vertentes ou erosão lateral). Sob condições de climas úmidos e cobertura florestal protetora, a ação dos processos erosivos também é bastante reduzida. Em ambos os casos o fornecimento de sedimentos é baixo.

BIGARELLA & BECKER<sup>20</sup>, referem que as épocas glaciais do Quaternário foram possivelmente caracterizadas por processos erosivos de alta energia, com acentuada degradação lateral

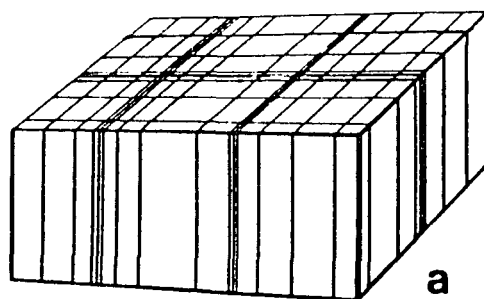
da paisagem. Opostamente, durante as épocas interglaciais pre-  
valeceram condições de baixa energia sobre grandes extensões  
dos continentes. Tais padrões ressaltam os autores, podem ter  
exceções regionais, uma vez que as condições dinâmicas res-  
ponsáveis tanto pela morfogênese de alta como de baixa ener-  
gia, são localmente influenciadas por uma seqüência de variá-  
veis. A sua interação pode ser visualizada pelas formas do  
terreno, especialmente no modelado das vertentes (Figs. 1a ,  
1b e 1c) adaptado de BIGARELLA<sup>17</sup> e BIGARELLA & MAZUCHOWSKI<sup>34</sup>.

A paisagem atual, mostra uma seqüência de cicatrizes  
nas vertentes que foram originadas por movimentos de massa  
em épocas diferentes. "A ciclicidade de episódios de movimen-  
tos de massa está, principalmente, relacionada a mudanças cli-  
máticas que afetaram a cobertura vegetal e as condições hidro-  
lógicas do subsolo" (BIGARELLA & BECKER<sup>20</sup>).

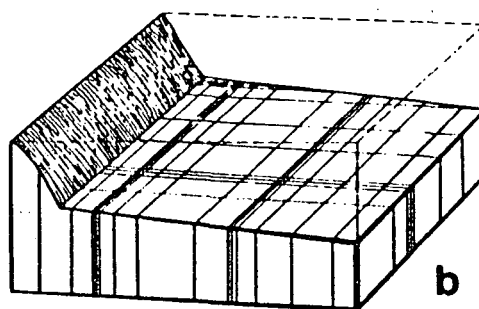
Durante os episódios de semi-aridez do Pleistoceno ,  
segundo BIGARELLA & MOUSINHO<sup>21</sup> os movimentos de massa, consti-  
tuíram características típicas, especialmente na época de tran-  
sição das condições úmidas para semi-áridas. Nesta ocasião fo-  
ram geradas grandes quantidades de depósitos de corrida de  
lama (solifluxão), atualmente são identificados como colúvios  
e/ou colúvio-aluvios.

Segundo BIGARELLA & BECKER<sup>20</sup>, nas regiões úmidas tro-  
pical e subtropical do Brasil, o movimento de solifluxão não  
é somente um movimento superficial como nas regiões tempera-  
das, mas alcança grandes profundidades devido à grande espes-  
sura do manto de intemperismo das regiões mais quentes (comu-  
mente 5 a 30m ou mais). Os espessos depósitos de colúvio das

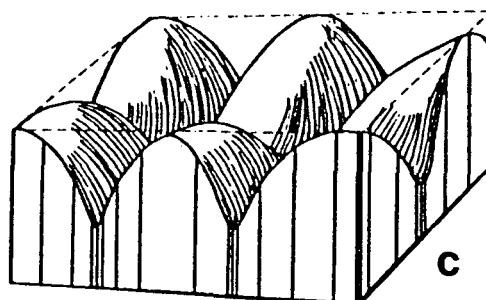
**FIGURA 1a** - Bloco diagrama esquemático representando a estrutura geológica, seja a distância entre as diáclases ou a diferença de resistência das rochas ao intemperismo químico. As linhas representam o sistema de diaclasamento o qual pode ser mais ou menos espaçado. As mais próximas entre si também podem representar as rochas menos resistentes, e as mais afastadas as mais resistentes ao intemperismo.



**FIGURA 1b** Diagrama ilustrando o conceito básico de pedimento. A superfície de erosão suavemente inclinada desenvolvida pelo recuo das vertentes corta todas estruturas e rochas independentemente de sua natureza.



**FIGURA 1c** Numa paisagem sob condições climáticas úmidas, tanto a concentração de diáclases ou fraturas, como a presença de rochas menos resistentes ao intemperismo, favorecem a dissecação do terreno com a formação de vales mais ou menos profundos controlados pelos níveis de base locais.



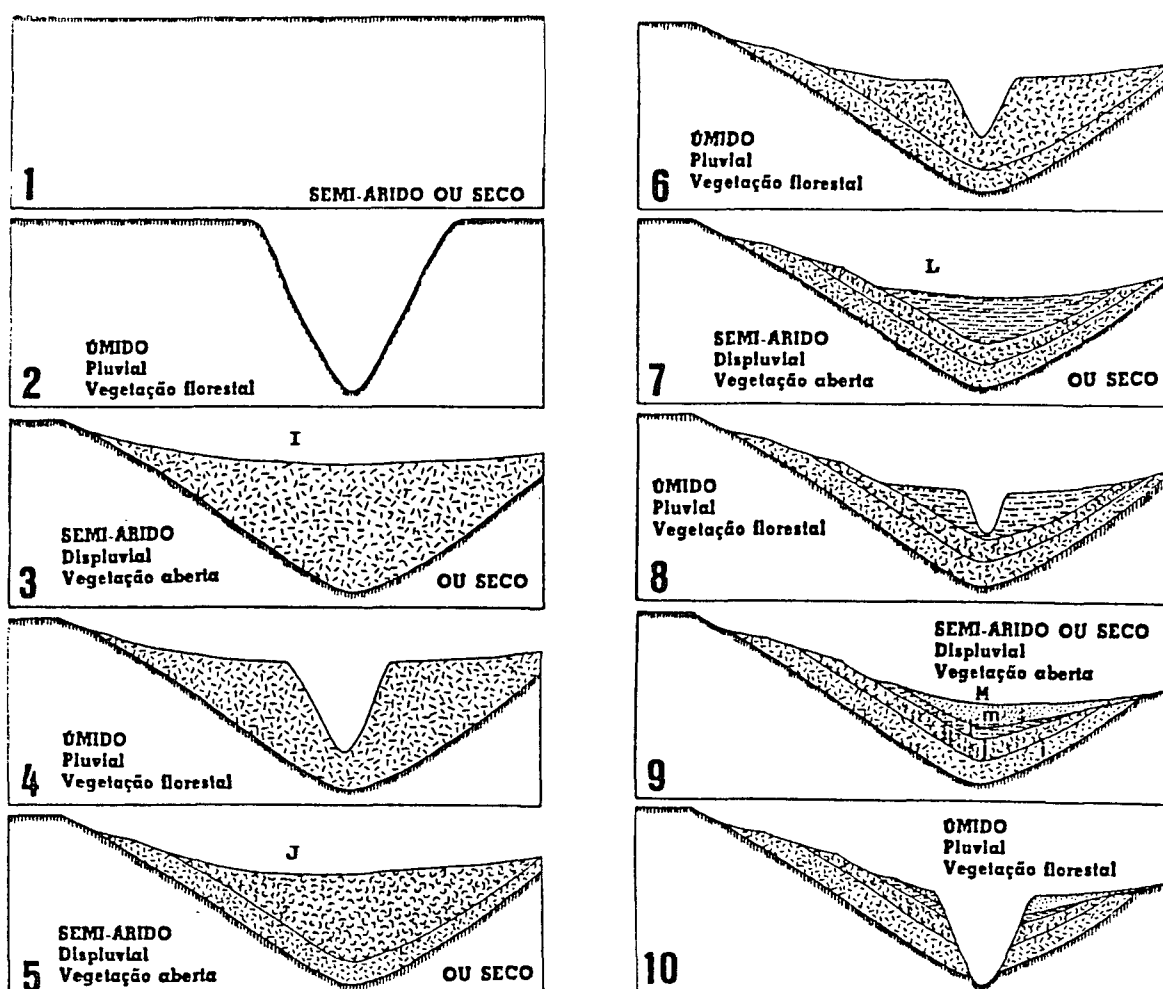
vertentes brasileiras são constituídos por produto de movimentos de solifluxão que ocorreram no passado, de modo cíclico . Nas condições de cobertura florestal atual, os movimentos rápidos são restritos, ocorrendo somente em vertentes de ângulo forte ou em áreas degradadas pela atividade do homem.

Os produtos remanescentes de mudanças climáticas, localmente constituem os depósitos de capeamento, de um significativo número de vertentes atuais. A disposição destes depósitos, assim como, as formas das vertentes são melhor compreendidas se relacionadas a ação dos processos morfogenéticos passados, (BECKER <sup>10</sup>), (Fig. 1d).

A evolução das vertentes vem sendo descrita e esquematizada baseada em modelos como os propostos por DAVIS<sup>52</sup>, PENCK<sup>95</sup>, KING<sup>76</sup>, DÉRRUAU<sup>57</sup>, entre outros. Pode ser ainda analisada sob o aspecto de unidades funcionais como é o caso apresentado por HACK & GOODLETT<sup>64</sup>. São modelos que se aplicam a segmentos, ou mesmo vertentes, quando vistos sem conotação genética, ou considerados dentro de características genéticas próprias, de determinados locais limitados a um determinado período de tempo geológico.

Nos últimos decênios, a criação de modelos e concepção de teorias complexas que consideram a vertente como um sistema tridimensional, tem surgido com maior frequência, dentre outras destacam-se trabalhos como os de: DALRYMPLE, BLONG & CONACHER<sup>48</sup>, BIGARELLA, MOUSINHO & SILVA<sup>22</sup>.

**FIGURA 1d** - Evolução do modelado ligado aos sucessivos voçoramentos e replecimentos afetando a regiões sedimentares. Dois grupos de processos atuaram alternadamente na escultura da paisagem desde o nível do pediplano Pdl, dando origem a vários níveis de erosão e a diversas unidades sedimentares (i, j, l e m). A dissecação verificou-se durante os episódios mais úmidos (pluvial) e a sedimentação durante os secos a semi-áridos (displuvial).



FONTE: BIGARELLA & MAZUCHOWSKI <sup>3 4</sup>

## 2.2 Superfícies e níveis de erosão

Em quase todo o território brasileiro, são frequentes que áreas com ocorrência de litologia e estruturas diversas, apresentem-se truncadas e aplainadas devido a ação de ciclos erosivos, originando formas divergentes daquelas desenvolvidas em condições normais da evolução atual, dada a sua estrutura ou constituição litológica. Este fato foi constatado por vários pesquisadores tais como: DE MARTONNE<sup>54-55</sup>, RUELLAN<sup>106</sup>, MAACK<sup>81</sup>, KING<sup>75</sup>, AB'SABER<sup>01</sup>, TRICART<sup>122</sup>, AB'SABER & BIGARELLA<sup>02</sup>, BIGARELLA et alii<sup>28</sup>, BIGARELLA & SALAMUNI<sup>26</sup>, BIGARELLA & AB'SABER<sup>18</sup>, BIGARELLA & MOUSINHO<sup>21</sup>.

Estas superfícies, dispostas em grandes extensões são encontradas em inúmeras regiões da Terra, inicialmente conceituadas por DAVIS<sup>53</sup> referindo-as como "peneplain" e PENCK<sup>95</sup> em sua versão "endrumpf". Superfícies que por definição são originárias dos processos de denudação, que truncaram indiscriminadamente litologias e padrões estruturais, em que a paisagem final aplainada, próxima ao nível do mar apresentam em seu estágio final, denudação sub-aérea, e que evoluem para novas superfícies com o soerguimento da crosta, originando uma paisagem cíclica, ("piedmonttreppen" de PENCK<sup>95</sup>).

No Brasil, o termo peneplano foi genericamente utilizado para descrever as superfícies de erosão até 1956, quando KING<sup>75</sup>, baseado em sua teoria de evolução de encostas, substituiu a interpretação única do processo de peneplanização pelos processos de "pediplanação" e "pedimentação", porém, com a mesma concepção genética da definição original.

O termo "pedimento", introduzido inicialmente por GILBERT<sup>63</sup> na linguagem geomorfológica, e referido por McGEE<sup>85</sup>, vem sendo utilizado como termo descritivo e frequentemente é redefinido em função de sua ampla utilização na literatura geomorfológica, onde tem sido aplicado com conotação genética. Entre inúmeras referências, podem ser citados JOHNSON<sup>71-72</sup> BRIAN<sup>37</sup> HOWARD<sup>67-68</sup>, KING<sup>75-76</sup>, DÉRRUAU<sup>57</sup>, TUAN<sup>126</sup>, DRESH<sup>58</sup>, WILLIAMS<sup>132</sup> e mais recentemente BÜDEL<sup>38</sup>.

A partir dos registos como; de TRICART<sup>122-123</sup> AB'SABER & BIGARELLA<sup>02</sup>, AB'SABER<sup>01-03</sup>, com o reconhecimento efetivo de que mudanças climáticas no passado geológico, produziram feições topográficas, como níveis de erosão embutidos (terraços e pedimentos), BIGARELLA & AB'SABER<sup>18</sup>, foram os primeiros autores a generalizar as influências de grandes oscilações climáticas no modelado de pediplanos e pedimentos em toda porção oriental do Brasil.

BIGARELLA, MOUSINHO & SILVA<sup>22</sup> fundamentados nas pesquisas acima citadas e em literatura internacional, complementados com levantamentos efetuados por estes autores, propuseram como novas definições ao termo pediplano e pedimentos a seguir apresentadas:

#### Pediplano

Grandes superfícies aplainadas, resultantes da ação de processos que operam durante longas fases de severa semi-aridez, e que em estágios avançados sob tais condições, permitiram através da coalescência dos pedimentos, formar durante estas fases o pediplano.

### Pedimento

Corresponde a superfície aplainada, ligeiramente inclinada, encontrada no sopé de maciços montanhosos ou embutidos nos vales. Estas superfícies apresentam duas fases distintas, com depósitos correlativos característicos; o **pedimento rochoso** (área fonte), porção resultante da degradação lateral acentuada ligada a morfogênese mecânica, seguido de uma sequência detrítica mais espessa constituindo o **pedimento detrítico**.

Com base em revisão da literatura e dados analíticos laboratoriais e de campo, BIGARELLA, MOUSINHO & SILVA<sup>22</sup>, demonstraram as condições de formação provável das superfícies e níveis de erosão, as correlações entre os mesmos e estabeleceram uma datação generalizada destas superfícies para o sul, sudeste e nordeste do Brasil (Tabela 01 e Fig. 01).

TABELA 01 - Superfícies de aplainamento e cronologia.

PRINCIPAIS NÍVEIS	PERÍODO GEOLÓGICO (Datação provável)
(Pediplanos)	
Pd3	Oligoceno
Pd2	Plioceno Inferior
Pd1	Plioceno Superior
Pedimentos	Pleistoceno Inferior
P2	Pleistoceno (médio) - Kansan
P1	Pleistoceno-Illinoian

FONTE: BIGARELLA et alii<sup>21</sup>.

Estas superfícies tem como depósitos de preenchimento sedimentar, vários níveis correlativos remanescentes da remoção pretérita, preservados em terraços os quais foram denominados por BIGARELLA, MARQUES & AB'SABER<sup>29</sup> de **Tpd** - Terraços de pediplanos, **Tp** - Terraços de pedimentos, correlativo as superfícies identificadas pelos autores como sendo **pd** - de pediplano e **p** de pedimento (Fig. 2).

Os últimos depósitos (holocênicos) derivados de posições relativas as fases menores de denudação, ocorridas durante o período Quaternário recente, resultaram em depósitos nas bases das vertentes em forma de rampas colúvio-aluvionares, leques, além de formação da várzea atual; com seus diques marginais, planícies de inundação e terraços; depósitos estes designados por BIGARELLA & MOUSINHO<sup>21</sup>, como sendo os terraços Tc2, Tc1, Tv, To e as rampas Rc, (Fig. 2).

Segundo BIGARELLA & MOUSINHO<sup>21</sup> e BECKER<sup>10</sup>, estes níveis inferiores de denudação, resultantes de processos de condições de semi-aridez em períodos menores, não caracterizam a formação de pedimentos, dada a curta duração destes eventos, sendo os mais marcantes os ocorridos durante a glaciação Wisconsin (no hemisfério norte), originando os terraços Tc2 e Tc1. Após a última glaciação, flutuações climáticas mais breves, permitiram a formação dos aluviões atuais e rampas de colúvio (Rc), além de linhas de seixos e movimentos de solifluxão que originaram as últimas camadas, atualmente distribuídas na superfície e que contribuíram significativamente na evolução das vertentes.

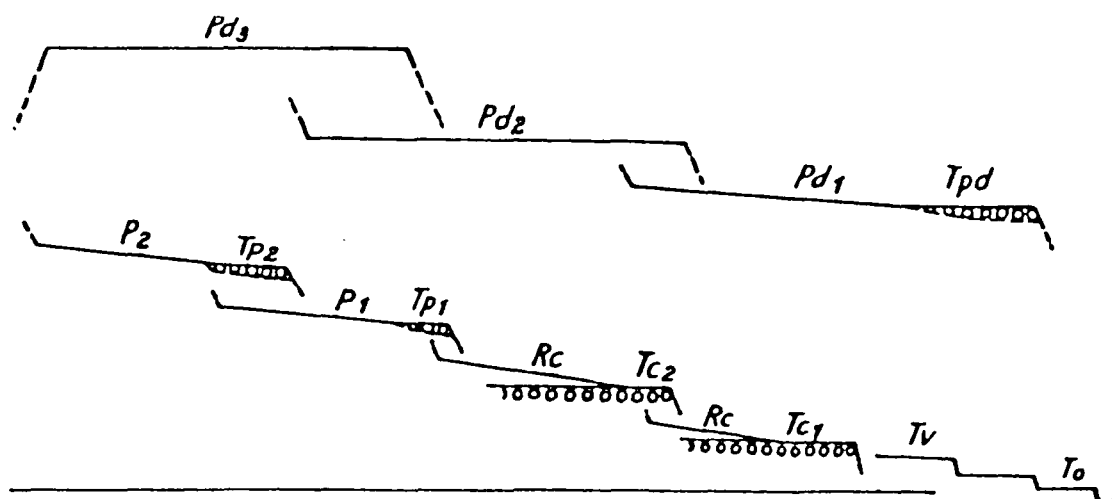
As superfícies de erosão e/ou sedimentação, esquemã-

tizadas por BIGARELLA & MOUSINHO<sup>21</sup> (Fig. 2), demonstram claramente as relações espaciais existentes entre estas unidades geomorfológicas.

Em levantamentos mais detalhados, níveis intermediários correlativos a flutuações menores, foram identificados localmente em trabalhos sistemáticos efetuados na Região Metropolitana de Curitiba mais especificamente em Umbará. Constatou-se ainda que, estas superfícies pouco estudadas, tem grande importância na identificação dos processos morfogenéticos operantes no quaternário, que reafeiçoaram as grandes superfícies e originaram novas formações superficiais. Tais como aquelas consideradas por BECKER<sup>10</sup> ao relacionar e subdividir a formação conhecida genericamente como Guabirota, em unidades deposicionais correlativas a materiais trabalhados, desta formação, denominando-as respectivamente de: Formação Tingüis e Formação Guabirota propriamente dita. Permitindo ainda identificar materiais deposicionais mais recentes, em duas unidades distintas; a do plano aluvial holocênico, e a Formação Boqueirão, com sedimentos pleistocênicos (Pleistoceno - Superior) BECKER<sup>10</sup>, depositados em fundos de vale (unidade inferior).

A condição climática atual no sul do Brasil, possivelmente vigente nas últimas fases segundo PENTEADO<sup>96</sup> relaciona-se a um período úmido e relativamente mais quente, sofreu pelo menos cinco oscilações do úmido para o seco, registrado por deposição de paleopavimentos, paleossolos e colúvios ocorridos nos últimos 4500 anos.

**FIGURA 2** - Esquema das relações espaciais existentes entre as diversas superfícies degradacionais e agradacionais. Pd - pediplano; P - pedimento; Tpd e Tp - terraços correspondentes respectivamente a pediplano e a pedimento; Rc - rampas colúvio - aluvionares; Tc - baixo terraço de cascalho; Tv - terraço de várzea; To - planície de inundação atual.



FONTE: BIGARELLA & MOUSINHO<sup>21</sup>.

A estas curtas oscilações, BIGARELLA<sup>14</sup>, sugere épocas mais recentes, de ocorrência dos movimentos de solifluxão originários das últimas deposições generalizadas de colúvios, referindo-se como épocas de encerramento 2400 anos atrás.

### 2.2.1 Níveis de erosão e/ou sedimentação da Bacia de Curitiba.

A origem da Bacia Sedimentar de Curitiba e sua evolução, é melhor compreendida se for considerada a teoria de evolução da paisagem levantada por BIGARELLA, MOUSINHO & SILVA<sup>22</sup>. Segundo os mesmos autores, e outros ainda que limitados pelo número reduzido de pesquisas nesta área, pode-se afirmar que, a deposição do material sedimentar constituinte da maioria das superfícies geomorfológicas da Bacia, ocorreu em função de provável represamento tectônico, decorrente de sucessivos falhamentos de pequena ordem, geomorfológicamente contrários a direção de escoamento, o que possibilitou a deposição dos sedimentos da Formação Guabirotuba, (sedimentos mais antigos da bacia, relacionados atualmente ao pediplano Pd2).

O modelado original da paisagem da Bacia, no entanto é anterior aos processos de pediplanação do pediplano Pd2 (superfície interplanáltica), (BIGARELLA et alii<sup>30</sup>) denominada de Superfície Alto Iguaçu, (ALMEIDA<sup>06</sup>) atualmente remanescente em forma de "inselberges".

O período de origem e desenvolvimento inicial desta Bacia, é referido aos grandes ciclos erosionais mais antigos, iniciados após a elaboração do pediplano Pd3 e datado por BIGARELLA, MOUSINHO & SILVA<sup>22</sup> como sendo Oligoceno (Terciário Médio). Este ciclo, encerrou com a sedimentação da Formação Guabirotuba, e definição da superfície Intermontana Alto Iguaçu (Pd2), durante o Plioceno Inferior, (BIGARELLA & SALAMUNI<sup>25</sup>; BIGARELLA et alii<sup>30</sup>; BIGARELLA et alii<sup>33</sup>).

Segundo BECKER<sup>10</sup>, após um prolongado período úmido, a superfície pediplanada anterior ao Pd<sub>2</sub>, denominada de Pd<sub>3</sub>, ficou reduzida a uma paisagem profundamente dissecada, deformada tectonicamente, com vales de fundo amplo em que a diferença de altura entre o fundo de vale e o topo ficava em aproximadamente 100m. Posteriormente esta paisagem sofreu um processo de reafeiçoamento durante a elaboração do pediplano Pd<sub>2</sub>, (Superfície Alto Iguaçu).

Sendo desconhecida a existência de depósitos correlativos do pediplano Pd<sub>2</sub>, até o ano de 1964 na Região Meridional e Sudeste do Brasil BIGARELLA & AB'SABER<sup>18</sup>, admitiram a possibilidade desta superfície ter sido elaborada sob condições climáticas sub-úmidas, portanto de forma diferenciada das demais superfícies antigas.

A partir dos trabalhos de BIGARELLA et alii<sup>30</sup>, no entanto, por analogia as feições pediplanadas das superfícies Pd<sub>3</sub> e Pd<sub>1</sub>; já então reconhecidamente relacionadas à uma gênese proveniente de condições de semi-aridez com flutuações para o úmido; e principalmente com a descoberta de sedimentos correlativos ao nível (Pd<sub>2</sub>), nas bacias de São Paulo e Vale do Paraíba no Estado de São Paulo, reconsideraram a origem genética desta superfície, e passam a admitir a ocorrência de eventuais depósitos periféricos a área de pedimentação desta superfície.

A possibilidade de se relacionar parte das deposições mais antigas da Formação Guabirotuba à época de elaboração do nível Pd<sub>2</sub> na Bacia de Curitiba, foi levantada a partir

da constatação por BIGARELLA et alii<sup>33</sup>, da existência de dois membros distintos dentro desta formação geológica sedimentar.

Trabalhos de pesquisa realizados na Região Metropolitana de Curitiba por BIGARELLA et alii<sup>31-32</sup>, evidenciaram a possibilidade da subdivisão da Formação Guabirota em duas unidades distintas, separadas por discordância erosiva. A unidade superior, anteriormente considerada como produto do intemperismo da Formação Guabirota, constitui na realidade uma seqüência sedimentar, depositada durante épocas de semi-aridez, correlacionado ao pediplano Pdl.

A confirmação da existência de inconformidades erosivas dentro da Formação Guabirota (conceito antigo) permitiu BECKER<sup>10</sup>, reconhecer nova seqüência sedimentar designada de Formação Tingüis.

Segundo estas pesquisas, a época de erosão anterior ao Pdl referida como Guatupense (BIGARELLA et alii<sup>33</sup>) promoveu sob condições de clima úmido a dissecação vertical do terreno, cortando os sedimentos da Formação Guabirota e o manto de intemperismo existente sobre o Complexo Cristalino, formado principalmente pelos migmatitos.

Com o advento das condições de semi-aridez que culminaram com a formação do Pdl (época Curitibana), as depressões do terreno foram entulhadas com sedimentos que também extravasaram nos interflúvios, dando origem à seqüência mais antiga da Formação Tingüis (BECKER<sup>10</sup>). Esta seqüência formada de sedimentos arenosos, arcóseos e siltico-argilosos, pode ser correlacionada à Formação Riacho Morno do Grupo Barreiras,

e com a Fôrm. Pariguera Açú do Vale do Ribeira. Para esta subunidade estratigráfica BECKER<sup>10</sup> propôs a designação de Formação Tingüis.

O membro superior, referido por BIGARELLA, ANDRADE - LIMA & RIEHS<sup>33</sup>, portanto corresponde à Formação Tingüis, e o inferior à Formação Guabirotuba propriamente dita, que no conceito antigo, (sensu lato) era atribuída à elaboração do Pd1.

A unidade inferior subjacente à Formação Tingüis corresponde à Formação Guabirotuba (sensu stricto), descrita por BIGARELLA & SALAMUNI<sup>25</sup>. Trata-se principalmente das seqüências de areias arcossianas e argilitos.

Ainda hoje, são grandes as extensões na Bacia de Curitiba, soterradas pelos depósitos detríticos, produzidos durante a elaboração do pediplano Pd2, em período longo de semi-aridez, depósitos estes definidos como pertencentes a Formação Guabirotuba (conceito atual BECKER<sup>10</sup>).

A Formação Guabirotuba é separada da Formação Tingüis por uma superfície de erosão irregular. Via de regra, o contato entre ambas as formações é abrupto. A coloração cinza-esverdeada caracteriza a unidade inferior e a avermelhada é típica da unidade superior, (BECKER<sup>10</sup>).

A designação Formação Tingüis segundo BECKER<sup>10</sup>, é extensiva a todos os depósitos formados durante os processos que elaboraram os níveis de erosão Pd1, P<sub>2</sub> e P<sub>1</sub>.

Dessa forma portanto, os sedimentos, da Formação Guabirotuba (sensu stricto) são correlativos restritos a elaboração do Pd2.

As fases de semi-aridez posteriores de duração relativamente curta, intercaladas por períodos mais úmidos em que predominou a erosão linear dos rios, deram origem à formação dos pedimentos  $P_2$  e  $P_1$ , através do recuo paralelo das encostas submetidas a ação de morfogênese mecânica.

Os episódios de dissecação foram relacionados por BECKER<sup>10</sup>, (épocas Umbaraenses I e II BIGARELLA et alii<sup>33</sup>) a condições de clima úmido (sensu lato). As novas épocas de pedimentação  $P_2$  e  $P_1$ , respectivamente relacionadas as épocas Catarinense e Guaruvense (BIGARELLA et alii<sup>33</sup>). Durante a elaboração destes pedimentos, segundo BECKER<sup>10</sup> originaram-se os depósitos correlativos aos sedimentos mais recentes da Formação Tingüis.

Devido as prováveis novas épocas climáticas úmidas que sucederam as semi-áridas originárias dos pedimentos  $P_1$  e  $P_2$  (BIGARELLA et alii<sup>30</sup>), em novos períodos morfogenéticos os pedimentos foram dissecados e seus remanescentes permaneceram apenas como ombreiras. Para os mesmos autores os episódios semi-áridos subsequentes não foram suficientemente rigorosos para produzir novas superfícies de pedimentos, resultando, apenas dois níveis de baixos terraços de cascalho - (Tc2 e Tc1) e reafeiçoando as superfícies anteriores. As condições de semi-aridez relativamente curtas e suaves possivelmente não permitiram a formação de pedimentos com características dos ciclos anteriores, resultando somente em uma denudação de vertentes acelerada e acumulação de detritos no fundo do vale através de movimentos de massa e do escoamento superficial. A remoção do material mais fino causou a concentração do material rudáceo, que compreende a maior parte destes depósitos

(BECKER<sup>10</sup>).

Após a última glaciação, condições úmidas têm predominado, segundo literatura consultada, ou seja, deste período até a atualidade houve uma dissecação geral da paisagem. Durante este tempo, flutuações menores para o seco originaram solifluxão extensiva, formação local de linhas de seixos bem como deposição de areias no plano aluvial por canais anastomosados. O material coluvial interdigitou com o aluvial da planície de inundação (várzea), através da solifluxão penetrando na várzea originando rampas suavemente inclinadas referidas como rampas de colúvio, ou rampas colúvio-aluvionares (BECKER<sup>10</sup>).

### 2.2.2 Caracteres granulométricos e divisão das unidades sedimentares

A classificação de sedimentos, em função das relações existentes entre as condições físico-ambientais com o tamanho de partículas produzidas, apresentada por KRUMBEIN & ABERDEEN\* (1937), tem sua aplicação bastante difundida entre os geomorfólogos.

Esta classificação quando interpretada com outros caracteres texturais, estruturais, mineralógicos e estratigráficos é considerada como indicador bastante eficiente para caracterizar a origem de antigos depósitos sedimentares da

---

(\*) Citado em BIGARELLA & SALAMUNI - Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba. UFPR. Inst. de Geologia nº 7 (1a. Parte) 1962.

Bacia de Curitiba (BIGARELLA & SALAMUNI<sup>25</sup> e BECKER<sup>10</sup>).

Os sedimentos componentes das unidades geomorfológicas, foram caracterizados pela primeira vez de forma sistemática por BIGARELLA & SALAMUNI<sup>25</sup>, os quais, serviram-se das fórmulas desenvolvidas por KRUMBEIN\* (1938) e INMAN<sup>69</sup>. Os resultados obtidos somados a outros dados geológicos e geomorfológicos, permitiram a estes autores, separar os sedimentos mais antigos (denominando-os de Formação Guabirotuba), dos sedimentos holocênicos, assim como, facilitaram o reconhecimento dos prováveis processos de sedimentação de seus materiais constituintes.

A escala de classificação do tamanho de partículas convencionalmente utilizada em sedimentologia, é a escala geométrica de WENTWORTH<sup>131</sup>, (Anexo 1). Esta escala por apresentar certa dificuldade de aplicação direta no estudo estatístico de granulometria, foi simplificada por KRUMBEIN (citado abaixo), que converteu os valores propostos por WENTWORTH<sup>131</sup>, para valores denominados de escala  $\phi$  ( $\phi = -\log_2 d$ , onde  $d$  = diâmetro da partícula em mm), Anexo 1.

A literatura sedimentológica e geomorfológica, cita vários métodos de cálculo de parâmetros estatísticos, que facilitam a interpretação dos dados granulométricos. Entre as medidas estatísticas é dado destaque às medidas de tendência central, dispersão assimétrica e curtose (INMAN<sup>69</sup>. Dentre as

---

(\*) Citado em PLUMLEY, W.J. & DAVIS, D.H. - Estimation of recent sediment size parameters from a triangular diagram. J.Sed. Petrol., 26(2): 140-155, 1956.

inúmeras fórmulas propostas para cálculo destes parâmetros são destacadas as de FOLK & WARD<sup>61</sup>

FOLK E WARD<sup>61</sup>, para determinação aproximada das correntes de transporte, bem como competência do agente de transporte, utilizaram o diâmetro médio ( $M_z$ ), calculado a partir da média aritmética de percentis ( $\phi_{16}$ ,  $\phi_{50}$  e  $\phi_{84}$ ), obtidos graficamente da curva de distribuição granulométrica de frequência acumulada. Nos casos de distribuição muito assimétricas, a medida de tendência central recomendada, por ser menos afetada pelos valores extremos é a mediana ( $M_d$ ), ou seja o percentil de  $\phi_{50}$ .

A seleção dos sedimentos é expressa nas medidas de dispersão, das quais, o desvio padrão incluso ( $\sigma$ ) FOLK & WARD<sup>61</sup>, é considerado o mais apropriado para sedimentos bimodais ou polimodais, depósitos estes caracterizados na Bacia de Curitiba por BIGARELLA & SALAMUNI<sup>15</sup> e confirmada por BECKER<sup>10</sup>.

Segundo SAHU<sup>113</sup> a seleção indica flutuações nas condições de energia cinética do agente de transporte em relação à velocidade média.

A tendência de dispersão das partículas granulométricas em relação a média é definida pelo grau de assimetria. Este parâmetro inicialmente proposto para o cálculo em relação as partes, central e a cauda do sedimento por INMAN<sup>69</sup> foi adaptado por FOLK & WARD<sup>61</sup>, que determinaram a assimetria gráfica inclusa ( $SK_I$ ) obtida da média das fórmulas propostas por INMAN<sup>69</sup>. O valor  $SK_I$  (FOLK & WARD<sup>61</sup> é obtido através dos percentis  $\phi_5$ ,  $\phi_{16}$ ,  $\phi_{50}$ ,  $\phi_{84}$  e  $\phi_{95}$ . O  $SK_I$  para curvas simétricas é igual a

zero (0), e tem como limites numéricos para os demais casos entre -1,0 e +1,0.

A normalidade da distribuição, comparando a seleção da cauda da distribuição, com aquela da porção central da própria, indica em relação a distribuição normal, se a curva é mais aguda ou achatada, ao que FOLK & WARD<sup>6 1</sup>, propuseram como parâmetro o valor  $K_G$  (curtose gráfica), onde em relação a curva normal  $K_G = 1,00$ , os valores acima mostram o grau de agudez e os inferiores o achatamento da distribuição.

BECKER<sup>1 0</sup>, servindo-se de novos levantamentos sedimentológicos, geomorfológicos e dos parâmetros por FOLK & WARD<sup>6 1</sup>; com os quais recalculou os valores granulométricos apresentados por BIGARELLA & SALAMUNI<sup>2 5</sup>; obteve novos resultados que permitiram subdividir as unidades sedimentares antigas (Plio-pleistocénicas), em duas formações geológicas distintas, Formação Guabirotuba (sensu stricto) e Formação Tingüis.

### 2.3 Relação superfícies geomorfológicas e solos

Diferentes autores têm demonstrado que o reconhecimento da evolução das superfícies geomorfológicas, bem como dos tipos de superfícies formadas, são importantes para melhor compreensão das características genéticas e/ou da distribuição espacial dos solos ao longo da paisagem natural.

A importância do estudo geomorfológico das vertentes relacionando sua origem e evolução, com a formação e gênese de solos, vem sendo demonstrada por pesquisadores com fre-

quência nos últimos decênios, dentre vários trabalhos publicados, podem ser citados entre outros, autores como: NORTON & SMITH\*<sup>39</sup>; BUTLER<sup>39</sup>; RUHE et alii<sup>105</sup>; RUHE & WALKER<sup>104</sup>, YOUNG<sup>33</sup>; DANIELS et alii<sup>49</sup>; BECKER<sup>11</sup>; FURLEY<sup>62</sup>; BIRKELAND<sup>36</sup>; DERBY - SHIRE<sup>56</sup> e TRICART<sup>124</sup>

Uma demonstração bastante simples e com aplicação direta entre vertentes e propriedades dos solos, foi apresentada por NORTON & SMITH\*, quando definiram a relação inversa existente entre ângulos de inclinação das vertentes e espessura do horizonte "A" dos solos.

BUTLER<sup>39</sup>, relaciona geomorfologia com solos e caracteriza as vertentes como principal componente da paisagem na formação dos solos. O mesmo destaca ainda a importância da periodicidade dos processos de modelado da paisagem, relacionando-os a oscilações entre períodos de erosão e/ou deposição, correlativos à variações climáticas ocorridas ao longo do tempo geológico.

Para RUHE<sup>102</sup> a distribuição dos solos na paisagem se relaciona com variações nos processos de formação de superfícies geomórficas em função de mudanças climáticas e da vegetação durante o quaternário.

Segundo RUHE et alii<sup>105</sup> os processos de formação das superfícies geomórficas, as condições de drenagem, o transporte diferencial do material erodido, o tipo de material

---

(\*) NORTON, E.A. & SMITH, R.S. The influence of topography on soil profile character. J.Amer. Soc. Agron. 22: 251-262 citado por OLLIER, G. Weathering. New York, ed Longman 1979.

subjacente, a lixiviação, transporte e redeposição dos constituintes químicos solúveis, se relacionam com a evolução e distribuição dos solos entre as linhas de interflúvios e talvegues.

MOUSINHO & BIGARELLA<sup>90</sup> ressaltam a importância dos processos e agentes, que atuaram no desenvolvimento das vertentes, no que se refere aos materiais originários dos solos atuais, destacando que a maior parte dos depósitos superficiais são resultantes de movimentos de massa ocorridos durante o Quaternário.

BECKETT<sup>11</sup>, FURLEY<sup>62</sup> numa revisão das definições de W. Penck - (1924 - 1953)\*, a respeito da relação entre desenvolvimento de vertentes e formação de solos, consideram como de fundamental importância a relação da variação do grau de intemperismo, entre as superfícies da vertente e a influência da mudança da forma ou inclinação das mesmas no decorrer do processo evolutivo. Estes autores dão destaque à influência do gradiente, nos processos de desestabilização do solo, no decorrer das fases evolutivas da vertente.

DANIELS et alii<sup>50</sup> e RUHE<sup>102</sup> observaram que as vertentes apresentam na "crista" (interflúvios) solos mais desenvolvidos, enquanto que nas encostas e nos pedimentos dissecados pela erosão linear dos rios, são encontrados solos com menor grau de desenvolvimento.

---

(\*) MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF LAND FORMS in PENCK (1953)  
Transl. by H. Czech and K.C. BOSWELL. MacMillan,  
London, 1953.

Para YOUNG<sup>133</sup>, propriedades relacionadas como pedológicas, assim como, o tipo de argilas e o grau de agregação, influenciam nos processos de transporte de superfície e conseqüentemente no recuo das vertentes. Este recuo, envolve relações dinâmicas da rocha e regolito com forças que agem na superfície, as mesmas forças responsáveis pela formação do solo, portanto há uma identidade entre processos geomorfológicos e pedológicos.

Em observações sobre as relações entre solos e superfícies geomórficas QUEIROZ NETO & MODENESI<sup>100</sup>, em área modelada sob processos de pedimentação, definiram duas situações diversas para pedogênese, em função da posição ocupada no relevo. A primeira situação ocorre nos testemunhos das superfícies de erosão onde o material remanescente, sofreu aditivamente os efeitos dos vários ciclos de pedogênese, relacionados às alternâncias paleoclimáticas, e encontra-se profunda e intensamente alterado com os solos correspondentes a perfis, reliquias ou paleossolos relictos. Ainda neste caso o material pode ser redistribuído às superfícies mais baixas por processos erosivos, e prosseguir a sua evolução.

Nas vertentes é identificada a segunda situação, onde nas últimas oscilações climáticas curtas, cada período erosivo foi sucedido por uma fase de deposição, que recobriu o que restou do perfil anterior, e submetido à uma pedogênese de sentido análogo à precedente. A pedogênese, nesse caso, é denominada "sucessiva" onde os perfis resultantes são complexos, correspondendo cada horizonte enterrado a um "paleossolo fóssil".

TRICART<sup>1 2 4</sup> chama atenção para a importância das relações entre as superfícies geomorfológicas e as modificações dos sistemas morfogênicos, durante o Quaternário e suas implicações na origem e desenvolvimento dos solos, em "seus caracteres tanto morfológicos quanto analíticos". Segundo o autor, mesmo nas regiões onde ocorreu estabilidade geodinâmica durante todo Holoceno, "o modelado é poligênico e formado por heranças"... onde este meio, sofreu ligeiras interrupções geradas por períodos de instabilidade (relacionado as curtas oscilações climáticas)... Referindo-se a estes períodos TRICART<sup>1 2 4</sup> afirma que: quanto mais fraca a intensidade da dissecação, maior é a complexidade do modelado e do solo, pois esta condição favoreceu a preservação de solos reliquias ainda que raramente "in-totum". Os solos erodidos são frequentes, assim como fossilizados. Encontram-se solos que foram truncados, depois soterrados, tendo ocorrido os dois fenômenos durante um episódio de instabilidade "geodinâmica". Ainda frequentemente, são encontrados paleossolos enterrados, truncados ou não, a uma profundidade suficientemente pequena, em que a pedogênese continua agindo sobre os mesmos.

Segundo PENTEADO & RANZANI<sup>9 8</sup> a atuação dos sistemas morfogênicos de pedimentação mais recentes, podem ter resultado, através dos sucessivos períodos de agradação e degradação, em uma mesma área cronosseqüências bastante complexas, onde muitas vezes a relação entre idade das superfícies e solos podem apresentar seqüências inversas, ou seja, em superfícies antigas solos rejuvenescidos ou mesmo recentes, em superfícies mais baixas (recentes) sobre materiais erodidos

das antigas superfícies ocorrem solos mais desenvolvidos, com características de antiguidade sob o ponto de vista pedogenético, adquiridos do material original.

A importância da ação dos processos geomorfológicos evolutivos das paisagens atuais sobre a gênese de solos é também, confirmado por BEINROTH et alii<sup>12</sup>. Estes pesquisadores, estudando solos derivados de lavas básicas (no Hawaii), supostamente formados no Pleistoceno, sob uma superfície da mesma época, esquematizaram um modelo explicativo da provável gênese dos solos. Segundo este modelo, a partir da superfície original e de seus solos mais desenvolvidos "Oxisols", por processos de pedimentação e dissecação surgiram os "Ultisols" e "Inceptisols". Sendo que da superfície original dos "Oxisols", com a dissecação das vertentes houve movimentação do solo (creep) e formação de planos de cisalhamento (Shear planes) e com esta movimentação e conseqüente rompimento da estrutura das argilas por atrito, reativando as argilas antigas dos "Oxisols", permitindo o translocamento e a formação da cerosidade (clay films), originando solos com horizonte argiloso "Ultisols". No processo evolutivo de dissecação das vertentes quando o entalhamento dos vales atinge o material de origem (Bedrock) aparecem os "Inceptisols".

LEPSCH<sup>79</sup> investigando uma toposseqüência em Rio Claro (SP), situada sobre três superfícies geomorfológicas distintas, sendo a mais antiga do Pleistoceno-Médio e as demais posteriores, também relacionou os "Oxisols" a superfícies mais antigas e dentre os "Ultisols" o de menor desenvolvimento à

superfície mais recente. Segundo ROCHA<sup>101</sup> situação similar foi apresentada pela topossequência originária de materiais pleistocênicos encontrados na Bacia Sedimentar de Curitiba.

Os trabalhos de BEINROTH<sup>12</sup>, LEPESCH<sup>79</sup> e ROCHA<sup>101</sup> acima mencionados, entre outros autores citados, apesar de darem diferentes interpretações quanto a origem das superfícies e/ou gênese dos solos, todos apontam como provável período de formação dos "Oxisols" mais antigos o Pleistoceno, e atribuem ao reafeiçoamento das superfícies pela erosão e retrabalhamento do material original, "Ultisols" e "Inceptisols". Podem ser mencionados ainda pesquisas como as de QUEIROZ & MODENESI<sup>100</sup>; PENTEADO & RANZANI<sup>98</sup> entre outros, que apresentam resultados que permitem estabelecer esta mesma relação.

Na maioria das topossequências estudadas no Paraná, a disposição é similar as topossequências quaternárias acima descritas. Em pesquisas efetuadas nas regiões Norte e Noroeste do Paraná; COSTA LIMA<sup>45-46</sup>, SANTOS FILHO & ROCHA - (<sup>109-110-111</sup>), e na região de Curitiba ROCHA<sup>101</sup>, identificaram nas superfícies mais elevadas, estáveis e antigas, solos com maior desenvolvimento morfológico e genético. (Latosolos). Em superfícies intermediárias solos com B-textural e/ou Latosolos rejuvenescidos, e nas superfícies menos elevadas, dissecadas e recentes, solos menos desenvolvidos morfológica e geneticamente, (Cambissolos e Solos Litólicos).

Referindo-se a solos localizados em superfícies intermediárias ROCHA<sup>101</sup>, caracteriza estes solos (Latosolos)

rejuvenescidos e/ou B-texturais menos desenvolvidos, como sendo originários do retrabalhamento de material de superfícies mais antigas, ao qual em estudo específico realizado na região de Curitiba define como "pedissedimentos".

SANTOS FILHO<sup>107</sup> estudando solos sobre duas superfícies, localizadas no norte do Paraná, em região de rochas basálticas, encontrou toposseqüência diferenciada. Nesta toposseqüência, em que, apesar de apresentar significativa variação morfológica ao longo da seqüência, (Terra Roxa Estruturada - Terra Roxa Estruturada Rasa e Solo Litólico), as características genéticas são semelhantes entre os perfis. Segundo SANTOS FILHO<sup>107</sup> neste caso, na elaboração da segunda superfície (mais recente) houve contribuição mais ou menos significativa do solo original (superfície antiga) como material agradacional, originário dos solos atuais da segunda superfície, possibilitando que os solos morfologicamente mais recentes herdassem as características genéticas dos primeiros (solos antigos).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para execução desta pesquisa foram adotados os seguintes procedimentos:

#### 3.1 Material cartográfico básico

Serviram como base para análise cartográfica os seguintes levantamentos:

- a) Levantamento aerofotogramétrico COMEC<sup>43</sup> executado por GEOFOTO S/A., na escala 1:10.000 com equidistância das curvas de nível de 5m.;
- b) Levantamento de Recursos Naturais na Região Metropolitana de Curitiba, coordenação geral - Professor João José Bigarella<sup>17</sup>. Deste levantamento resultou a série de mapas; declividade, morfologia e níveis de erosão e/ou sedimentação. Publicada por BIGARELLA et alii<sup>32</sup>;
- c) Mapa geológico em escala 1:50.000 levantado pela Comissão da Carta Geológica do Paraná - Folha de Araucária, MARINI<sup>87</sup>;
- d) Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado do Paraná, EMBRAPA<sup>59</sup>;
- e) Fotografias aéreas: pancromáticas e infravermelho falsa cor, escala 1:40.000 ano de 1975 e pancromática escala 1:25.000 ano 1980.

A utilização deste material compreende várias etapas, interpondo trabalhos de gabinete, laboratório e campo.

Os levantamentos existentes foram analisados em gabinete e relacionados a conhecimentos encontrados na literatura mediante pesquisa bibliográfica.

Simultaneamente aos levantamentos mais detalhados através de fotointerpretação, com o auxílio de estereoscópio de refração e reflexão, procedeu-se acompanhamento de checagem e coleta de amostras, para confirmar as unidades geomorfológicas e pedológicas em laboratório.

### 3.2 Mapeamento geomorfológico

Os procedimentos metodológicos empregados no levantamento geomorfológico utilizado no presente estudo, envolveu as seguintes etapas:

- a) Gabinete - pesquisa bibliográfica;
- b) Laboratório - fotointerpretação, cartografia e análises sedimentológicas;
- c) Campo - observação, registro, coleta de amostras e controle do mapeamento.

O método de mapeamento utilizado foi desenvolvido através do modelo de cartografia geomorfológica apresentado por BIGARELLA et alii<sup>32</sup> resultando nos levantamentos: níveis de erosão e/ou sedimentação; morfologia e declividade.

Este procedimento foi originalmente desenvolvido por JOURNAUX<sup>73</sup> que, em trabalhos de mapeamento relaciona formações superficiais e solos.

Com base na fotointerpretação foram analisados aspectos morfológicos, e relacionados à formações superficiais.

Utilizou-se ainda como elementos auxiliares blocos diagramas, maquetes, seções transversais e longitudinais do relevo.

### 3.3 Solos

As amostras de solos foram coletadas e descritas morfologicamente, conforme as normas do manual de descrição e coleta no campo da SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO<sup>117</sup>. As amostras após terem sido preparadas na forma de TFSA (terra fina seca ao ar), foram analisadas de acordo com os seguintes procedimentos laboratoriais:

#### 3.3.1 Análises físicas

Foram utilizadas 50g de TFSA e NaOH 0,1 N como agente dispersante. Após agitação por 15 minutos, a suspensão foi transferida através de peneira com malha de 0,053mm para uma proveta de 1.000 ml. A areia retida foi lavada, seca, separada em duas frações (areia grossa e areia fina) por tamização e pesada. A argila foi determinada em separado com o hidrômetro de Bouyoucos. O silte foi quantificado por diferença.

#### 3.3.2 Análises químicas

### 3.3.2.1 Carbono orgânico, pH e elementos trocáveis

As análises químicas foram efetuadas de acordo com os procedimentos indicados por VETTORI<sup>128</sup>.

- a) O carbono orgânico, foi determinado por oxidação do material com bicromato de potássio 0,4 N (método de Tiurin).
- b) O pH em  $\text{CaCl}_2$  foi obtido potenciométricamente utilizando-se relação sólido-líquido 1:2,5.
- c) Cálculo, magnésio e alumínio trocáveis; foram extraídos com KCl N. O alumínio foi determinado por titulação com NaOH 0,025 N, usando-se azul de bromotimol como indicador. Para o cálcio e o magnésio utilizou-se o EDTA.
- d) A acidez trocável (H + Al); determinada por extração com acetado de cálcio N, pH 7 e titulação com NaOH 0,1 N tomando-se fenolftaleína como indicador.
- e) O potássio trocável; extraído com ácido clorídrico 0,05 N e determinado por fotometria de chama.

Com base nos resultados das análises químicas e físicas anteriormente descritas, foram calculados:

- a) A soma de bases (S) foi obtida pela soma de cálcio, magnésio e potássio e sódio trocáveis.

$$(S = \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{K}^+ \text{ (m.e. 100g de solo)}).$$

- b) A capacidade de troca catiônica (CTC); calculada pela soma de  $S + (H+Al)$  m.e. 100g de solo.
- c) Pela fórmula:  $V = 100.S/CTC$  foi determinada a porcentagem de saturação de bases (V%).
- d) Para determinar a saturação em alumínio (m): utilizou-se a fórmula:  $100.Al/Al+S$ .
- e) Relação silte/argila.
- f) Relação areia grossa / areia fina.
- g) Relação areia fina / areia grossa.
- h) Com transformação do C% em CTC orgânica mediante a utilização de um fator de conversão 4,0, e após a correção desta para 100% argila, obteve-se a CTC mineral (em 100g de argila livre de C).

### 3.3.2.2 Análise do Fe, Al e Mn

A digestão total dos óxidos de Fe, Al e Mn foi realizada em amostras em duplicata de TFSA. Seguindo o método JACKSON<sup>70</sup> estas amostras moídas à pó muito fino (0,2mm) e queima a 500°C (para eliminar a matéria orgânica), após ser submetida ao ataque dos ácidos HF e HClO<sub>4</sub> e reaquecida a 210°C e repetidos os dois últimos passos, a amostra preparada encontra-se desprovida de sílica e está pronta para as determinações.

Com oxalato de amônio obteve-se a extração do Fe, Al e Mn de acordo com as instruções de SCHWERTMANN<sup>116</sup>. Nesta ex

tração são usadas 0,2 gramas de TFSA moídas e para cada 9 extrações 17,56 g. de oxalato-ácido e 28,4 g. de oxalato de amônio. Sendo a reação fotossensitíva, toma-se os cuidados para evitar exposição à luz.

Para a extração com ditionito de sódio, baseada no método de JACKSON<sup>70</sup>, são utilizadas 2,0 gramas de TFSA moídas e 100 ml de solução extratora contendo 50 ml de solução de ditionito de sódio e citrato de sódio. Após aquecimento e agitação (centrífuga) por 15 minutos, a solução é novamente submetida ao processo extrativo, e mediante nova centrifugação de 5 minutos é extraído  $Fe_d$ ,  $Al_d$  e  $Mn_d$ .

Para a extração com pirofosfato de sódio utilizou-se a metodologia descrita por BASCOMB<sup>07</sup> e MCKEAGUE & DAY<sup>88</sup>. Consiste na agitação por 18 horas de 1 grama de TFSA, moída, em 100 ml de solução de pirofosfato de sódio 0,2 N. Após a agitação adicionam-se 5 gotas de Superfloc, e a suspensão é centrifugada a 5.000 rpm por 10 minutos, após o que são determinadas as quantidades de Fe, Al e Mn.

As determinações em todos os casos foram obtidos por espectrometria de absorção atômica.

Com os resultados das análises do Fe, Al e Mn calculou-se os quocientes:  $Fe_o/Fe_d$  (Ferro oxalato/Ferro ditionito),  $Fe_d/Fe_t$  (Ferro ditionito/Ferro total);  $Al_o/Al_d$  (Alumínio oxalato/Alumínio ditionito),  $Al_d/Al_t$  (Alumínio ditionito/Alumínio total)  $Mn_o/Mn_d$  (Manganês oxalato/Manganês ditionito e  $Mn_d/Mn_t$  (Manganês ditionito/Manganês total).

### 3.4 Análises sedimentológicas

#### 3.4.1 Análise granulométrica

As amostras previamente secas ao ar foram desagregadas manualmente, pesadas e posteriormente submetidas ao processo de dispersão, para separar seus componentes texturais pelo método de peptização. No processo de peptização foram utilizados como agentes dispersantes, o pirofosfato de sódio e água destilada, e como auxílio mecânico, usou-se um agitador de baixa rotação, permanecendo as amostras na solução por mais de 24 horas.

A fração grosseira e areias foram separadas através da tamização e as partículas menores determinadas pelo processo de pipetagem. A escala granulométrica adotada na classificação das partículas foi a de WENTHORTH<sup>1,3,1</sup> - Anexo nº 1. Os resultados analíticos após tabulação (anexos 6 e 9) foram representados graficamente para melhor visualização de sua distribuição.

#### 3.4.2 Parâmetros estatísticos

Com auxílio das fórmulas desenvolvidas por FOLK & WARD<sup>6,1</sup>, foram calculados os parâmetros estatísticos de tendência central, dispersão, assimetria e curtose, (Anexo 2) .

Medida de tendência central - (Diâmetro médio aritmético (Mz), calculado segundo FOLK & WARD<sup>6,1</sup>

O diâmetro médio foi obtido graficamente (anexo 7) a partir da curva de frequência acumulada empregando-se a fórmula

$$Mz = \frac{\phi 16 + \phi 50 + \phi 84}{3}$$

Onde o valor da mediana fica corrigido para as variações da distribuição dos terços mais grosseiros e finos.

#### Medida de dispersão (desvio padrão)

Para o presente estudo foi utilizada a equação:

$$\sigma_I = \frac{\phi 84 - \phi 16}{4} + \frac{\phi 95 - \phi 5}{6,6}$$

onde o desvio padrão  $\sigma_I$  (desvio padrão gráfico incluso), é obtido de curva de frequência acumulada utilizando-se os percentis  $\phi 95$ ,  $\phi 84$ ,  $\phi 16$  e  $\phi 5$ , (FOLK & WARD<sup>61</sup>)

#### Assimetria

Para avaliar o grau de normalidade da distribuição usou-se a fórmula:

$$SK_I = \frac{\phi 16 + \phi 84 - 2\phi 50}{2(\phi 84 - \phi 16)} + \frac{\phi 5 + \phi 65 - 2\phi 50}{2(\phi 95 - \phi 5)}$$

também neste caso os valores são gráficos inclusos, FOLK & WARD<sup>61</sup>.

### Curtose

A medida de curtose foi obtida graficamente em curva de frequência acumulada com o uso da fórmula:

$$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2,44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

onde o valor de  $K_G$  para a distribuição normal é 1,00 segundo FOLK & WARD<sup>61</sup>.

#### 4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

##### 4.1 Localização

O presente estudo foi desenvolvido em uma área situada no Primeiro Planalto Paranaense (Planalto de Curitiba), o qual integra a porção oriental do Estado do Paraná ao extenso Planalto Meridional Brasileiro, localizando-se no Município de Curitiba no distrito de Umbarã, (Fig. 3).

A área situa-se entre os paralelos  $25^{\circ}33'01''$  e  $25^{\circ}36'48''$  de latitude sul e os meridianos  $49^{\circ}16'01''$  e  $49^{\circ}18'25''$  W de Greenwich, cobrindo uma superfície de aproximadamente  $28,08 \text{ km}^2$ , compreendendo parte das folhas topográficas SG.22-X-D-IV-I-NO-D e SG.22-X-D-IV-I-NO-F, respectivamente números 544 e 546, código da Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba - (COMEC)<sup>4,3</sup>, escala 1:10.000 (restituição e levantamento executados pela Geofoto S/A em 1976).

A principal via de acesso é a BR 116, seguindo-se posteriormente pela Rua Nicola Pellanda, a aproximadamente 1.300 metros antes do Viaduto sobre a estrada ferroviária, chegase ao local continuando na mesma rua após o núcleo urbano de Umbarã, tem-se o acesso a porção oriental da área e seguindo-se pela rua Angelo Gai percorre-se a porção ocidental. Perpendiculares a estas ruas, estradas secundárias facilitam a circulação no local de pesquisa.

O perímetro pesquisado abrange parcialmente as localidades de Umbarã e Umbarazinho sendo delimitado pelos divisores da bacia do Arroio Espigão, afluente do Rio Iguaçu, onde foram selecionados 7 (sete) perfis de solo como pontos de amostragem, (Fig. 4).

FIGURA 3. Localização da área no Município de Curitiba





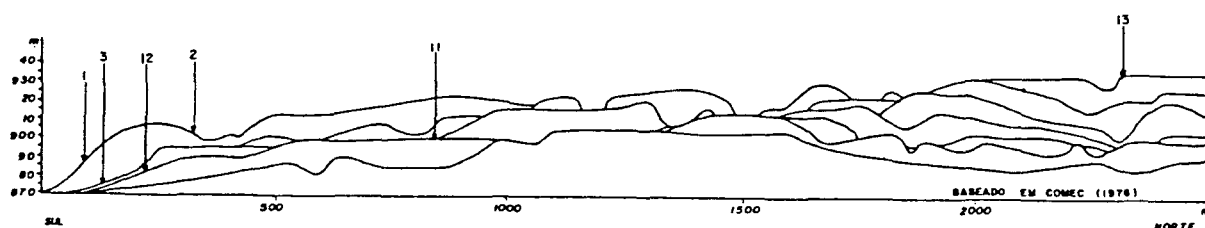
## 4.2 Fisiografia

O relevo dos principais interflúvios suavemente ondulados intercalados por vales de fundo chato amplo, com gradientes pequenos 5/1000 metros, identificam o conjunto fisiográfico da área com o relevo aplainado da porção central do 1º planalto paranaense MAACK<sup>8 3-8 4</sup>. Este conjunto, apresenta pequenas variações locais para um relevo ondulado, onde o trabalho de dissecação produzido por cursos fluviais menores, resultou no esculpimento de pequenas ombreiras, localizadas nos interflúvios e vertentes, (Fig. 5).

Este conjunto fisiográfico localmente não ultrapassa a altitude de 934,8 metros acima do nível do mar (a.n.m), tendo como altitude mínima 868,3 metros a.n.m. COMEC<sup>4 3</sup>, altitudes estas localizadas respectivamente ao norte e sul da área, o que dá uma amplitude máxima de 66,5 metros (Fig. 6).

Quanto ao aspecto estrutural apesar de pouco evidente constatou-se no local, alinhamento no relevo com duas direções, constituindo um sistema ortogonal seguindo o sentido NE, representados pelos dobramentos mais antigos, e NO formados por falhas preenchidas pelas intrusões mesozóicas.

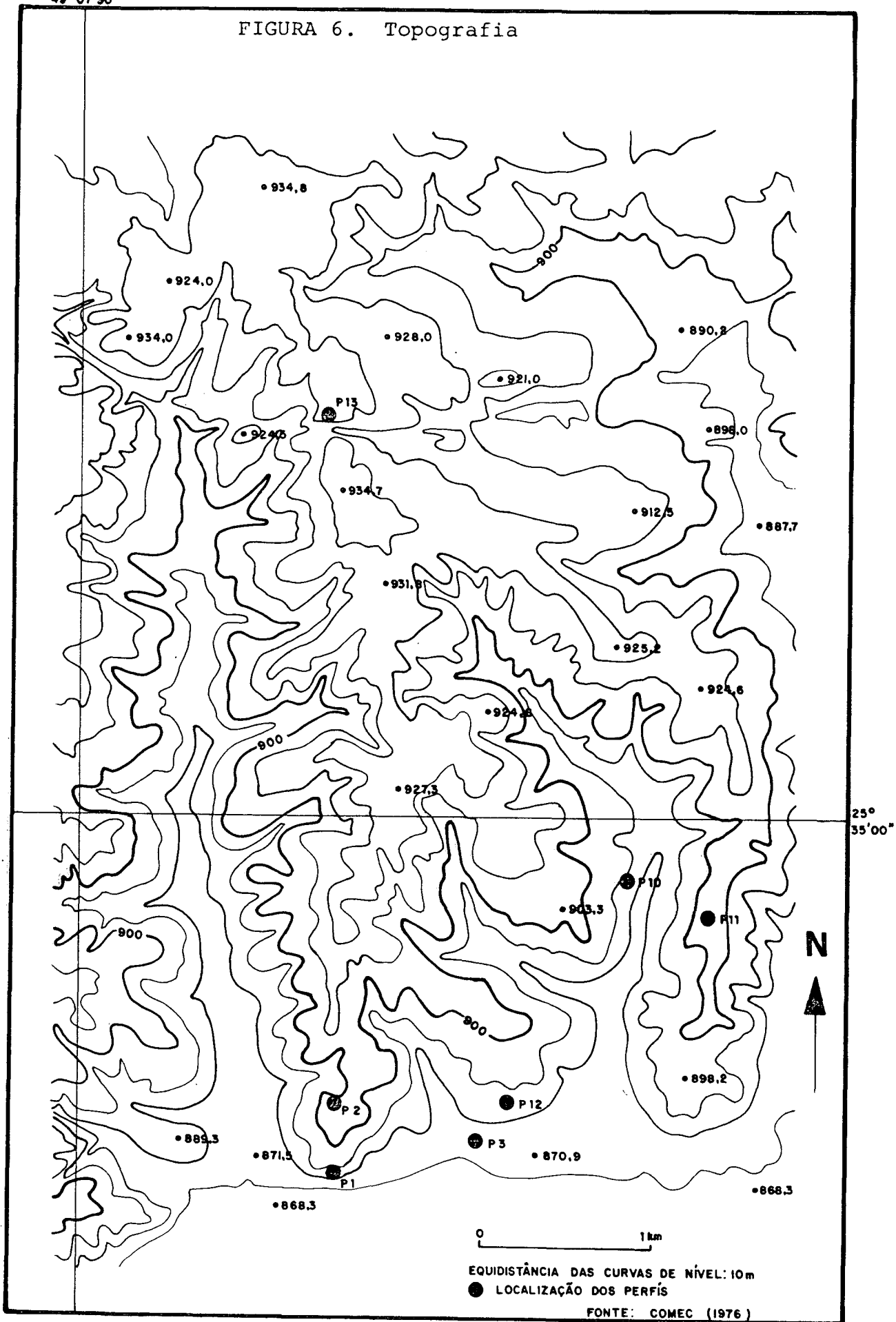
FIGURA 5 - Diagrama: obtido através de perfis topográficos projetados da porção mais baixa (sul), para a mais elevada (norte). (os nº 1, 3, 12, 2, 11 e 13 mostram a localização dos perfis de solos estudados).



Baseado: Restituição Aerofotogramétrica, COMEC<sup>4 3</sup>

49°07'30"

FIGURA 6. Topografia



### 4.3 Hidrografia

A área em estudo localiza-se na porção centro-sul da Região Metropolitana de Curitiba, aproximadamente a 40 (km) quilômetros, do principal divisor de águas das bacias Atlântica (Alto Ribeira) e Paranã (Alto Iguaçu), situa-se dentro do sistema de drenagem do Rio Iguaçu, distando em sua porção mais afastada (montante), menos de 6 (km) quilômetros da margem direita do Iguaçu.

A bacia do Arroio Espigão, centralizada nesta área (Fig. 7) tem como principais divisores, as linhas de interflúvio, que separam esta bacia, das bacias dos rios; Ribeirão Ponta Grossa e Arroio Prensa, que compõem o sistema hidrográfico local.

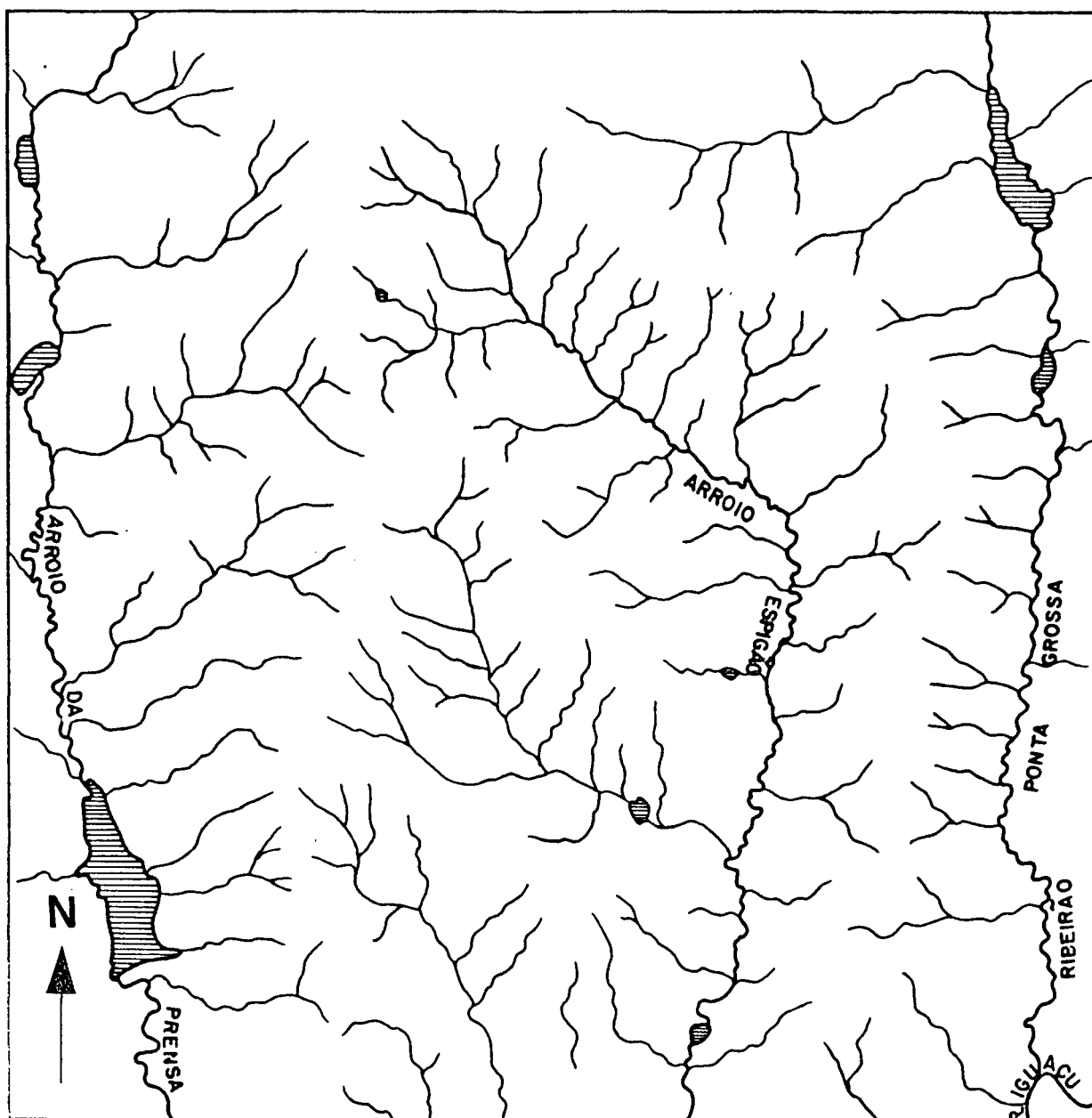
O padrão de drenagem, identificado como dendrítico a subdendrítico e sub-paralelo, coincide com o padrão regional definido por LOPES<sup>80</sup>, quando descreveu como característica esta variação do comportamento da rede hidrográfica na porção Meridional do 1º Planalto, observando-se, como cita o referido autor, nas áreas de ocorrência da Formação Guabirotuba "Lato sensu" (vide geologia), destaca-se o padrão subdendrítico, nos cursos maiores há evidências de um certo grau de paralelismo, decorrente do controle estrutural no seu traçado.

O Arroio Espigão tem aproximadamente 7 (km<sup>2</sup>) quilômetros quadrados de superfície em sua bacia, sobre a qual são encontrados cursos de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordens (critério segundo STRAHLER<sup>119</sup>). Os cursos de 1<sup>a</sup> ordem apresentam o gradiente mais acentuado chegando a relação de 250/1000, metros para os cursos de 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordens respectivamente gradientes de 50/1000

metros e 15/1000 metros, o curso principal de 4ª ordem possui um gradiente médio de 5/1000 metros (valores aproximados).

Para o cálculo da densidade de drenagem da bacia, foi adotado o critério de STRAHLER<sup>19</sup>, atingindo-se uma densidade de 9,5 nascentes por quilômetro quadrado, valor que pode ser considerado elevado, para este setor do 1º planalto paranaense.

FIGURA 7 - Drenagem (Baseado em fotointerpretação)



FONTE: Fotografias aéreas 1:25.000 (COMEC, 1980).

#### 4.4 Geologia

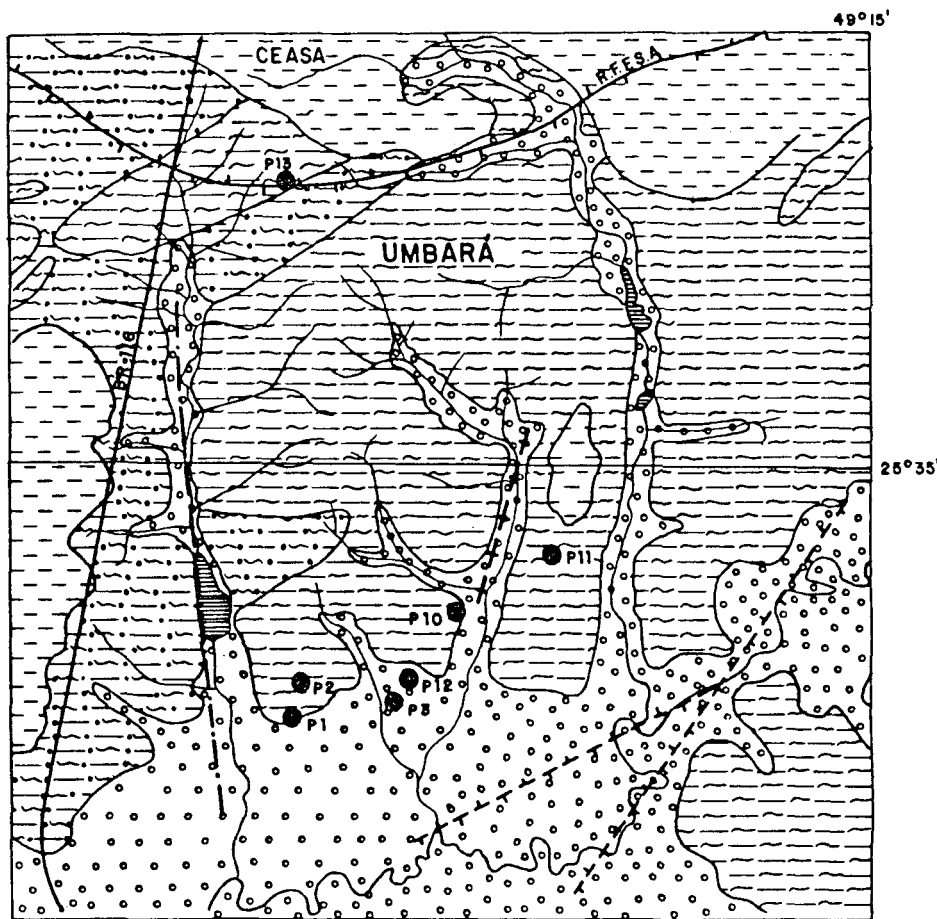
A localidade em estudo dispõe-se sob uma área de em basamento cristalino, constituído por rochas magmáticas, xistos magnesianos, anfibolitos, quartzitos e outros metassedimentos de menor ocorrência (LOPES<sup>80</sup>). Os migmatitos rochas de maior ocorrência, "apresentam elevado grau de metamorfismo desenvolvido em diversos ciclos orogênicos" BECKER<sup>10</sup>. Se analisarmos sob o aspecto estrutural, a morfologia local deve ser considerada em função da ação tectônica do terciário (HASSUI & ALMEIDA<sup>66</sup>), seguido de um afeiçoamento no Quaternário, resultante de uma sutil integração entre profundas mudanças climáticas deslocamentos de níveis de base locais e levantamentos crustais ocorridos no quaternário (BIGARELLA et alii<sup>30</sup>).

As seqüências sedimentares de superfície são de maior importância, devido ao recobrimento superficial como material de origem dos solos da região (Fig. 8).

Estes depósitos, geralmente ligados a fenômenos de degradação das áreas fontes correlacionados a problemas paleoclimáticos do Cenozóico, são os responsáveis pela seqüência de fenômenos erosivos em clima semi-árido. Fato este ocorrido em todo o sul brasileiro segundo BIGARELLA & AB'SABER<sup>18</sup>. Dentre os depósitos de maior ocorrência destaca-se a "Formação Guabirotuba" (BIGARELLA & SALAMUNI)<sup>25</sup>, como sendo a seqüência sedimentar mais antiga e mais espessa chegando a 60m ou mais.

BECKER<sup>10</sup> utilizando métodos geomorfológicos associados aos estratigráficos, em estudos destes depósitos estabeleceu elementos guias para correlação entre os diversos

FIGURA 8. GEOLOGIA



LEGENDA

1 PRÉ - CAMBRIANO

MIGMATITOS



EMBRECHITOS EPIBOLÍTICOS



EMBRECHITOS

3 HOLOCENO



ALUVIÕES

2 PLEISTOCENO

FORMAÇÃO GUABIROTUBA



ARGILITOS E ARCÓSIOS

LINHAS ESTRUTURAIS



FALHA PROVÁVEL ENCOBERTA



FEIÇÃO SUPERFICIAL INDEFINIDA (FALHA OU DIACLASE)



FALHA DE REJEITO DESCONHECIDO

depósitos, indicando inclusive datação relativa e as fases de elaboração dos pediplanos e pedimentos na Bacia de Curitiba . Nesta pesquisa, BECKER<sup>10</sup> definiu a Formação Guabirota, "sensu-stricto" como depósitos correlativos ao pediplano Pd2, após a descoberta de inconformidades erosivas dentro do pacote sedimentar da conhecida Formação Guabirota (conceito antigo). Os depósitos mais recentes foram caracterizados como correlativos às fases de elaboração do pediplano Pd1 e dos pedimentos P2 e P1, aos quais denominou de Formação Tingüis.

Segundo BECKER<sup>10</sup> a Formação Guabirota é separada da Formação Tingüis por uma superfície de erosão irregular . Via de regra o contato entre ambas as formações é abrupto. A coloração cinza-esverdeado caracteriza a unidade inferior e a avermelhada é típica da superior.

Nesta seqüência sedimentar, os materiais mais antigos foram depositados em ambientes de playa e fluvial (BIGARELLA & SALAMUNI)<sup>25</sup>; BIGARELLA, MOUSINHO & SILVA<sup>22</sup>, BECKER<sup>10</sup>, portanto sob vigência de clima semi-árido e são classificados como pertencentes a Formação Guabirota propriamente dita.

Os sedimentos mais recentes separados por discordância, cuja subdivisão foi apontada por BIGARELLA et alii<sup>33</sup>, denominadas por BECKER<sup>10</sup> de Formação Tingüis, são constituídas por materiais retrabalhados da Formação Guabirota; sedimentos arenosos, arcóseos e siltico argilosos, correlacionados a épocas de semi-aridez.

Mesclando e recobrando estas formações, são freqüentes as unidades de colúvio, colúvio-aluvionares e aluviais re

lacionadas a períodos menores, de pedimentação e dissecação linear referidas a ciclos sucessivos de vigência de períodos alternados de semi-aridez e úmidos, durante o Pleistoceno e Holoceno, BIGARELLA et alii<sup>30</sup>

O pacote sedimentar superficial, muitas vezes é truncado devido aos sucessivos eventos erosivos, e é constituído muitas vezes por materiais resultantes da remobilização de depósitos e solos mais antigos, particularmente da Formação Tingüis, BECKER<sup>10</sup>.

#### 4.5 Clima

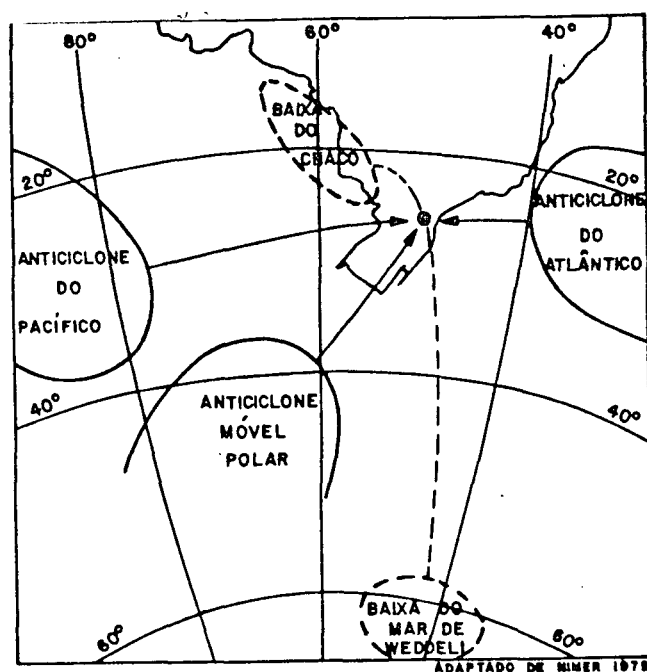
Situada em altitude aproximada de 900 metros, a área sofre a influência regional de dois sistemas orográficos de significativa importância, na porção oriental destaca-se a escarpa bastante abrupta entre o litoral e o planalto, a "Serra do Mar" que alcança mais de 1500m, (Pico do Paraná - 1962m), no limite ocidental do primeiro planalto destaca-se a "Serrinha" ou "Serra de São Luiz do Purunã", com amplitudes médias de 250 metros mais elevados em relação a área de estudo, no Planalto de Curitiba. Estes sistemas orográficos, a altitude e a posição geográfica ao sul do Trópico de Capricornio, são fatores estáticos, que caracterizam como zona climática temperada.

Os fatores dinâmicos que definem o clima desta região segundo NIMER<sup>92-93</sup>, são sistemas de circulação atmosférica: dividido em centros de ação sendo, um Anticiclone Mó-

vel Polar e dois Anticiclones Permanentes Semifixos Oceânicos (centros de pressão alta) (Fig. 9), atuando no Oceano Pacífico e Atlântico, aproximando-se e afastando-se do continente. O centro do Pacífico é pouco ativo devido a barreira imposta pela Cordilheira dos Andes.

Durante o ano predomina a ação dos ventos SE-NE, oriundos das zonas de altas pressões subtropicais do Anticiclone Semifixo Atlântico Sul, o qual apesar de possuir forte umidade específica, fornecida pela evaporação marítima face ao fenômeno de subsidência e inversão de temperatura, fornece à camada superficial umidade limitada, o que lhe confere um caráter de homogeneidade e estabilidade. Não obstante as áreas mais próximas de encostas sofrem maior ação da pluviosidade em condições de descontinuidades dinâmicas, eventualmente provocadas pela sua forte umidade específica. A ascendência local

**FIGURA 9** - Centros de ação atuante na área



de massas provocada pela Serra do Mar e Serra de São Luiz do Purunã, é suficiente para causar aumento da precipitação no local e proximidades.

Outro centro de alta pressão igualmente importante, é o Anticiclone Móvel Polar, conhecido como Anticiclone Polar Marítima da América do Sul, (Fig. 9) o qual é responsável pela ocorrência de tempo instável devido ao seu deslocamento, destacando-se a Frente Polar originária de uma corrente sul, ocasionando geadas no inverno e quedas de temperatura nas demais estações. Esta frente, quando permanece semi estacionária é responsável pelas chuvas pesadas, que chegam a durar mais de dez dias, especialmente na faixa oriental do sul do Brasil, localmente importante pelas características fisiográficas da região do primeiro planalto.

Outros centros de ação de atuação menos freqüentes na região são, os centros negativos caracterizados por baixa pressão nas zonas ciclônicas.

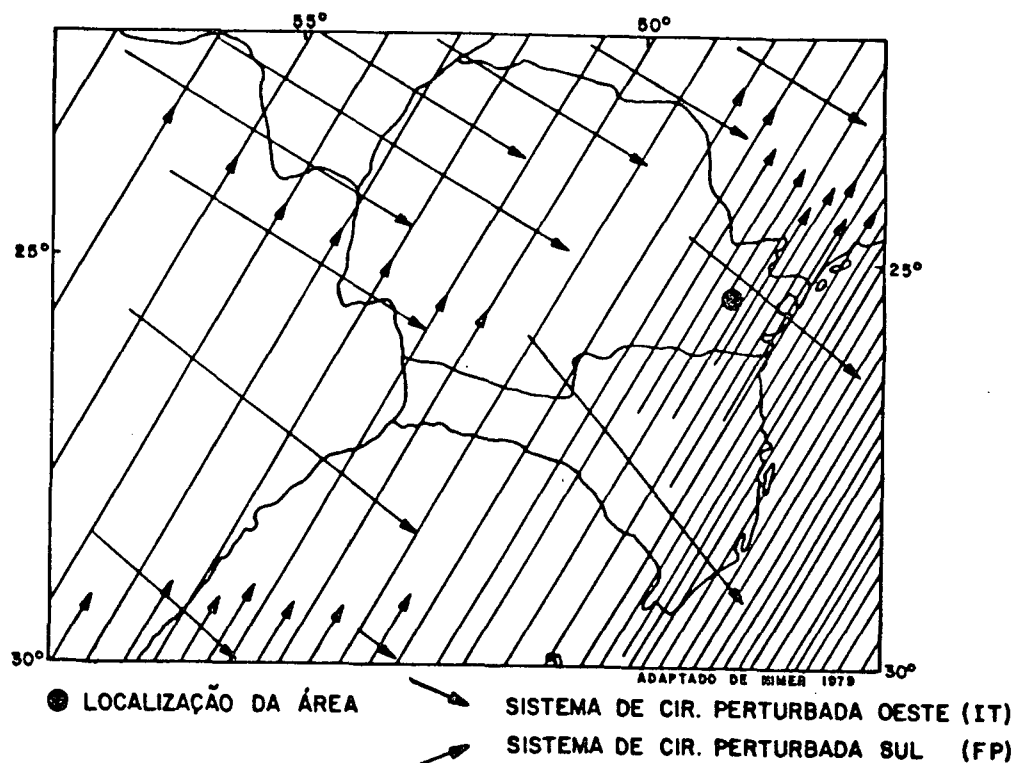
A Baixa do Chaco ligada a Frentes polares exerce influência em toda a extensão do Brasil Tropical, na região sul atua apenas nos anos de verão pouco chuvoso (Fig. 9).

O Centro de Baixa do Mar de Weddell oriundo da ondulação da frente polar atlântica, tem influência indireta, trazendo bom tempo com aquecimento pré-frontal quando da penetração dos ventos NE do Anticiclone do Atlântico Sul (Fig.9).

Os deslocamentos destas massas são responsáveis pela geração de zonas depressionárias menores muito móveis, que provocam a convergência de ventos denominados de correntes de

circulação perturbados, entre as quais NIMER<sup>93</sup> salienta as de Instabilidade Tropical (IT) e as Correntes Sul, constituídas pelas Frentes Polares (FP) de maior ação, (Fig. 10).

FIGURA 10 - Sistema de circulação perturbada na região.



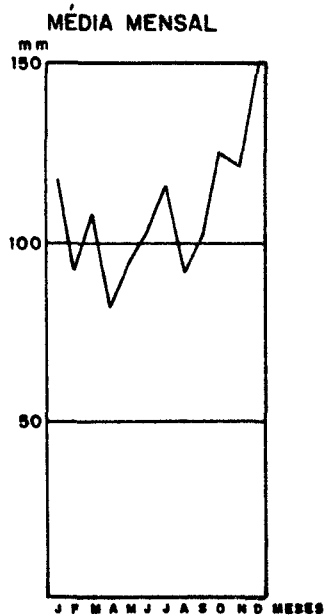
Com estas características, define-se o clima local como de domínio mesotérmico brando a médio, superúmido com precipitações médias em torno de 1.400mm sem mês seco, com temperaturas médias do mês mais quente, janeiro, inferior a 22°C, e temperaturas a baixo de 0°C com formação de geadas, no inverno, caracterizando o tipo temperado. Este clima foi classificado por MAACK<sup>83-84</sup> segundo critérios de KÖPPEN, como Cfb (Zona temperada sempre úmida com mais de cinco geadas no turnas por ano).

A distribuição das chuvas na área estudada, com base

FONTE: DENAEE/SUREHMA

### ALTURAS PLUVIOMÉTRICAS

PERÍODO: (1974 - 1984)  
ESTAÇÃO: BELA VISTA  
MUNICÍPIO: ARAUCÁRIA  
ALTITUDE: 900m  
LATITUDE: 25°34'  
LONGITUDE: 49°25'



PERÍODO: (1965 - 1981)  
ESTAÇÃO: CAMPINA DO TAQUARAL  
MUNICÍPIO: SÃO JOSÉ DOS PINHAIS  
ALTITUDE: 910 m  
LATITUDE: 25°36'  
LONGITUDE: 49°10'

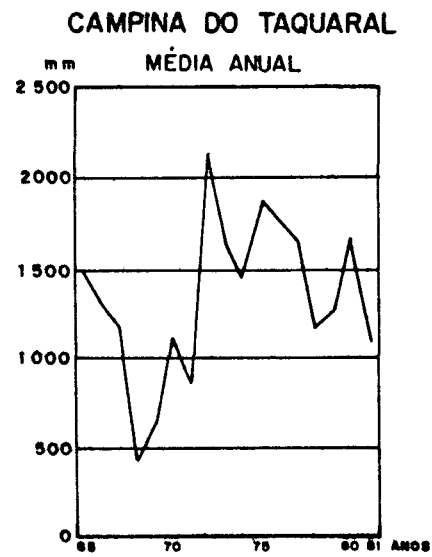
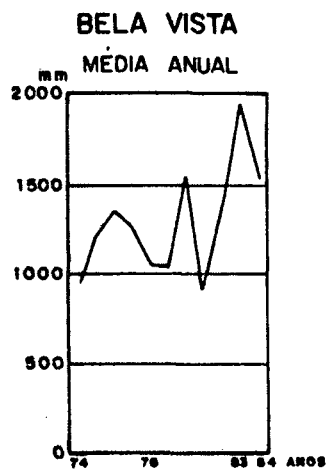
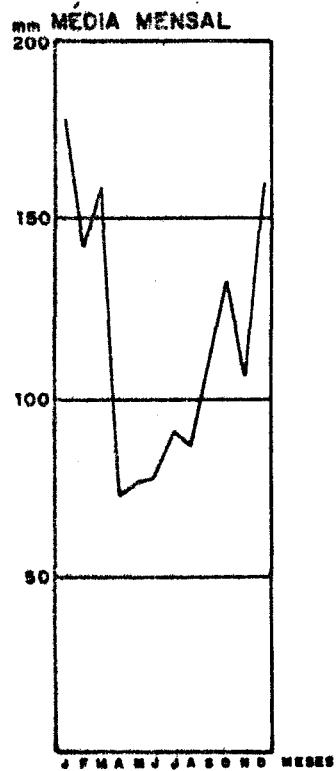


FIGURA 11 - Índices pluviométricos

nos gráficos (Fig. 11), com dados de postos pluviométricos próximos a Umbará dão idéia do comportamento sazonal e da média anual, confirmando as médias definidas para a região por MAACK<sup>83-84</sup>.

#### 4.6 Vegetação

A fisionomia natural da cobertura vegetal primitiva da área segundo KLEIN & HATSCHBACH<sup>77</sup> em sua maior parte era formada por densa floresta pinatifoliada destacando-se como dominante o Pinheiro do Paraná (*Araucária angustifolia*) e no nível inferior um denso sub-bosque composto por espécies características da região destacando-se a Imbuia (*Ocotea porosa*), o Sassafrás (*Ocotea pretiosa*), a Sapopema (*Sloanea lasiocoma*), os Topiás (*Alcachornea sidifolia* e *Alchornea treplinervia*), a Bracinga (*Mimosa scabrella*) a Canela fogo (*Cryptocarya aschersohniana*), a Canela sebo (*Ocotea puberula*) a Canela imbuia (*Nectandra megapotamica*), o Cedro (*Cedrela fissilis*), o Pinho bravo (*Podocarpus lamberti*), a Erva mate (*Ilex paraguariensis*) e a Gabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*), sendo que as três últimas espécies ocorrem em estágios menos evoluídos, mais frequentes em locais próximos dos campos ou solos compactos e úmidos.

Segundo MAACK<sup>82</sup> no Mapa Fitogeográfico do Estado do Paraná a área, é coberta pelos campos ao leste e terrenos de culturas efetivas na parte oeste.

A cobertura vegetal atual da área encontra-se altamente degradada pela ação antrópica que resultou na modificação do

aspecto fitofisionômico natural.

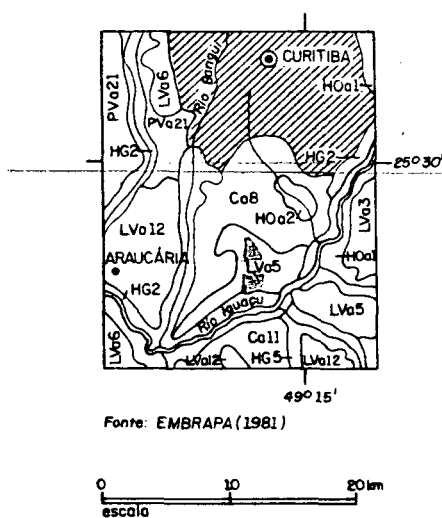
A vegetação atual é formada pela presença da mata original, mata galeria, capoeira, reflorestamento com Bracatinga, terrenos de cultura, campo limpo ou sujo e campos edáficos (várzeas).

#### 4.7 Solos

Os solos mais freqüentes na porção sul do município de Curitiba, onde localiza-se a área de estudo, segundo levantamentos efetuados pela EMBRAPA<sup>59</sup> são: nas vertentes e interflúvios, os Latossolos Vermelho Amarelos Álicos Podzólicos, A moderado, textura argilosa, fase floresta subtropical perenifólia, relevo ondulado e suavemente ondulado e os Cambissolos Álicos Tb, A proeminente, textura argilosa, fase campo subtropical, relevo ondulado, substrato sedimentos pleistocênicos e os Solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados, com textura argilosa, fase campo sub-tropical de várzea relevo plano, distribuído no plano aluvial do rio Iguaçu e afluentes. (Fig. 12).

ROCHA<sup>101</sup> estudando solos e unidades geomorfológicas, na mesma área, entre 7 perfis estudados em vertentes e interflúvios identificou: 4 perfis com Podzólico Vermelho-Amarelo e 3 perfis com Latossolo Vermelho Amarelo. Dos quatro primeiros perfis, 3 são do tipo "Ultissol" e 1 do tipo "Mollisol", respectivamente derivados de migmatitos (Ultisol) e argilito (Mollisol).

**FIGURA 12** - Solos da área e proximidades segundo o mapa de solos do Estado . Escala 1:600.000



**LEGENDA**

- Lva3** LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO A proeminente
- Lva5** LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO podzólico A
- Lva6** LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO
- Lva12** LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO + CAMBISSOLO ÁLICO Tb
- Pva21** PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO ÁLICO Tb + PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO ÁLICO totossólico
- Co8** CAMBISSOLO ÁLICO Tb A
- Ca11** CAMBISSOLO ÁLICO Tb A moderado
- HG2** SOLOS HIDROMÓRFICOS GLEYZADOS INDISCRIMINADOS
- HG5** SOLOS HIDROMÓRFICOS GLEYZADOS INDISCRIMINADOS + SOLOS ORGÂNICOS ÁLICOS
- HOa1** SOLOS ORGÂNICOS ÁLICOS
- HOa2** SOLOS ORGÂNICOS ÁLICOS + CAMBISSOLO ÁLICO Tb A

Quanto ao caráter álico, as pesquisas efetuadas por ROCHA<sup>101</sup>, confirmam uma saturação com alumínio elevado, acima de 50%, no horizonte B para os solos com B textural e Cambis - solos. Já para a maioria dos Latossolos, o caráter álico não foi encontrado, apesar de, ter sido identificado este caráter em 2 perfis próximos da área em questão. Ainda segundo o mesmo autor, existem em Umbará solos B-textural e Latossolos, com evidências de elevado grau de intemperismo ( $Fe_d:Fe \approx 0,8$ ), e o grau de atividade dos óxidos de ferro em geral é inferior a 0,03.

Os Latossolos em geral apresentam baixas concentrações de bases totais e mostram um acúmulo de óxido de manganês e ferro.

Quanto a distribuição espacial, os solos da região apresentam significativas relações com a ocorrência de unidades geomorfológicas, no que se refere ao material de origem, formações superficiais e superfícies geomorfológicas. As unidades antigas apresentam solos antigos (Latosolos), superfícies antigas rejuvenescidas ou com idade intermediária solos com B textural e superfícies recentes, solos jovens (Cambissolo), ROCHA<sup>101</sup>.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em função do caráter de abordagem interdisciplinar do presente estudo, os resultados serão apresentados e discutidos em subtítulos distintos, para melhor focar as particularidades de cada problema abordado.

### 5.1 Geomorfologia

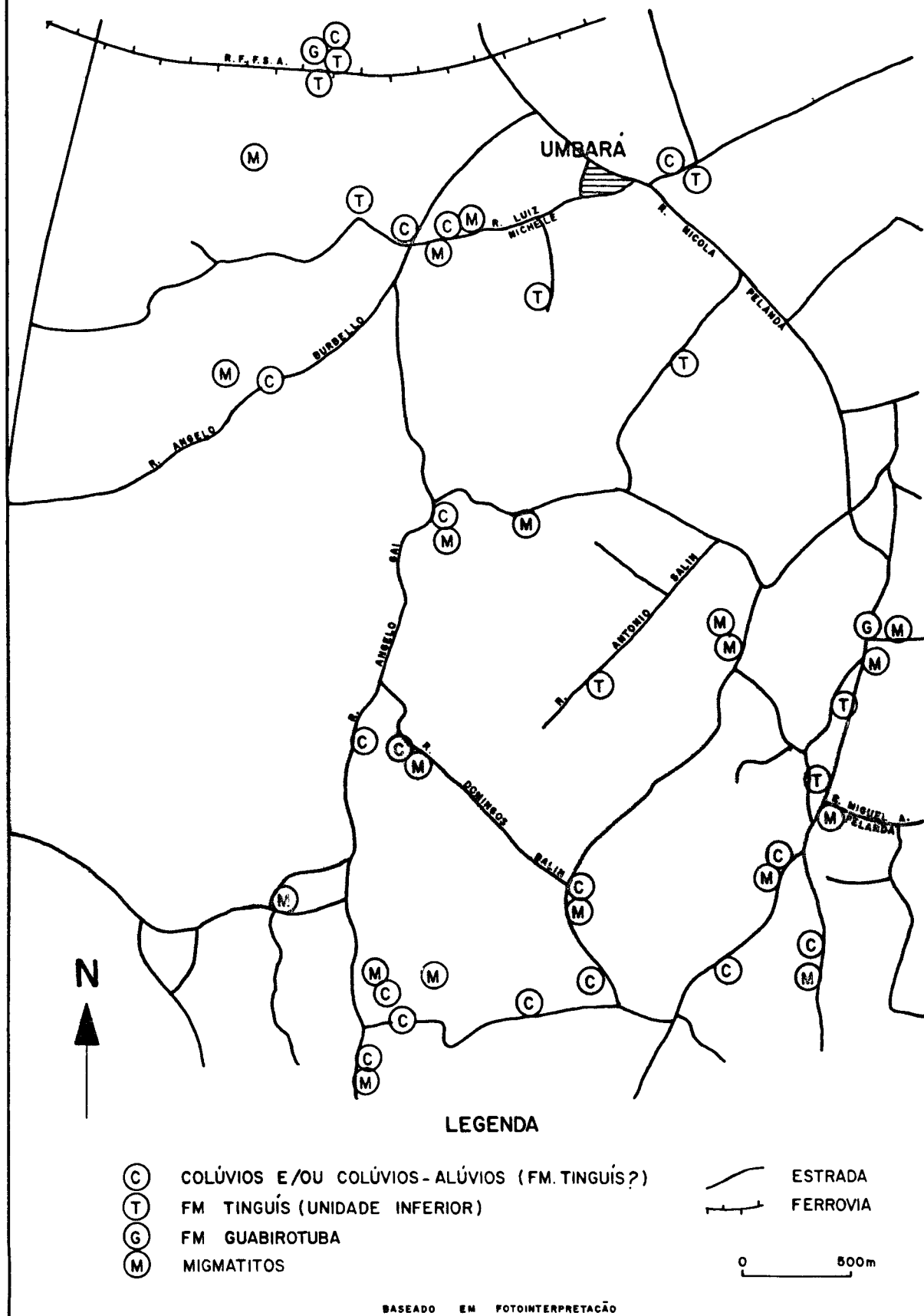
#### 5.1.1 Aspectos sedimentológicos

Os resultados analíticos e levantamentos a seguir apresentados, não visam redefinir as unidades sedimentares envolvidas, mas apenas pretendem confirmar e/ou relacionar com resultados anteriores, para melhor caracterizar e apontar possíveis variações locais, das formações superficiais envolvidas nesta pesquisa.

Entre vários afloramentos examinados "in loco", localizados em trincheiras e ao longo de estradas (Fig. 13), pode ser constatado que genericamente as principais superfícies pedimentares residuais  $Pd_1$ ,  $P_2$  e  $P_1$ , (nomenclatura segundo BIGARELLA et alii<sup>30</sup>) encontram-se recobertas localmente por material sedimentar retrabalhado da Formação Guabirotuba, apresentando-se ainda como zona limítrofe entre os depósitos sedimentares e o embasamento (migmatitos).

A coloração típica avermelhada destes sedimentos relacionados as superfícies  $Pd_1$ ,  $P_2$  e  $P_1$ , confirmam, pela coloração e estrutura, a sua identidade com o membro superior da Formação Guabirotuba, descrito por BIGARELLA et alii<sup>33</sup>,

FIGURA 13 - Localização dos pontos de verificação da cobertura sedimentar e do embasamento



definido por BECKER<sup>10</sup> como Formação Tingüis. A composição granulométrica desta formação, constituída por areias arcossias e argilitos intercalados, muito se assemelha à Formação Guabirota, o que permite relacionar estes materiais aos denominados de "pedissedimentos" localmente descritos por ROCHA<sup>101</sup>.

Depósitos residuais da Formação Guabirota membro inferior, (BIGARELLA et alii<sup>33</sup>, Formação Guabirota "sensu stricto", (BECKER<sup>10</sup>), foram localizados em campo, como depósitos residuais, apresentando características de significativo rebaixamento por erosão, decorrente dos ciclos de pedimentação e dissecação, posteriores à sua deposição. Estes sedimentos apresentam efetivamente a disposição espacial, mapeada por MARINI et alii<sup>86</sup>, ilustrado na Fig. 8.

Nas porções em que o terreno sofreu maior ação dos processos erosivos de dissecação linear, onde o relevo é mais inclinado, (Fig. 14), ocorrem com frequência camadas truncadas, em forma de lentes preservadas em paleo-canais. Estes depósitos, produtos retrabalhados, derivados da Formação Guabirota, são capeados por colúvios vermelho-amarelos Fig. 15.

Nos locais de relevo mais ondulado com declividade acima de 20% , é comum ocorrer o contacto direto dos colúvios vermelho-amarelos, (unidade mais recentes), com o elúvio de migmatitos.

Os colúvios apresentam certa regularidade no recobrimento, tanto dos sedimentos mais antigos (Formação Tingüis) ,

FIGURA 14. DECLIVIDADE

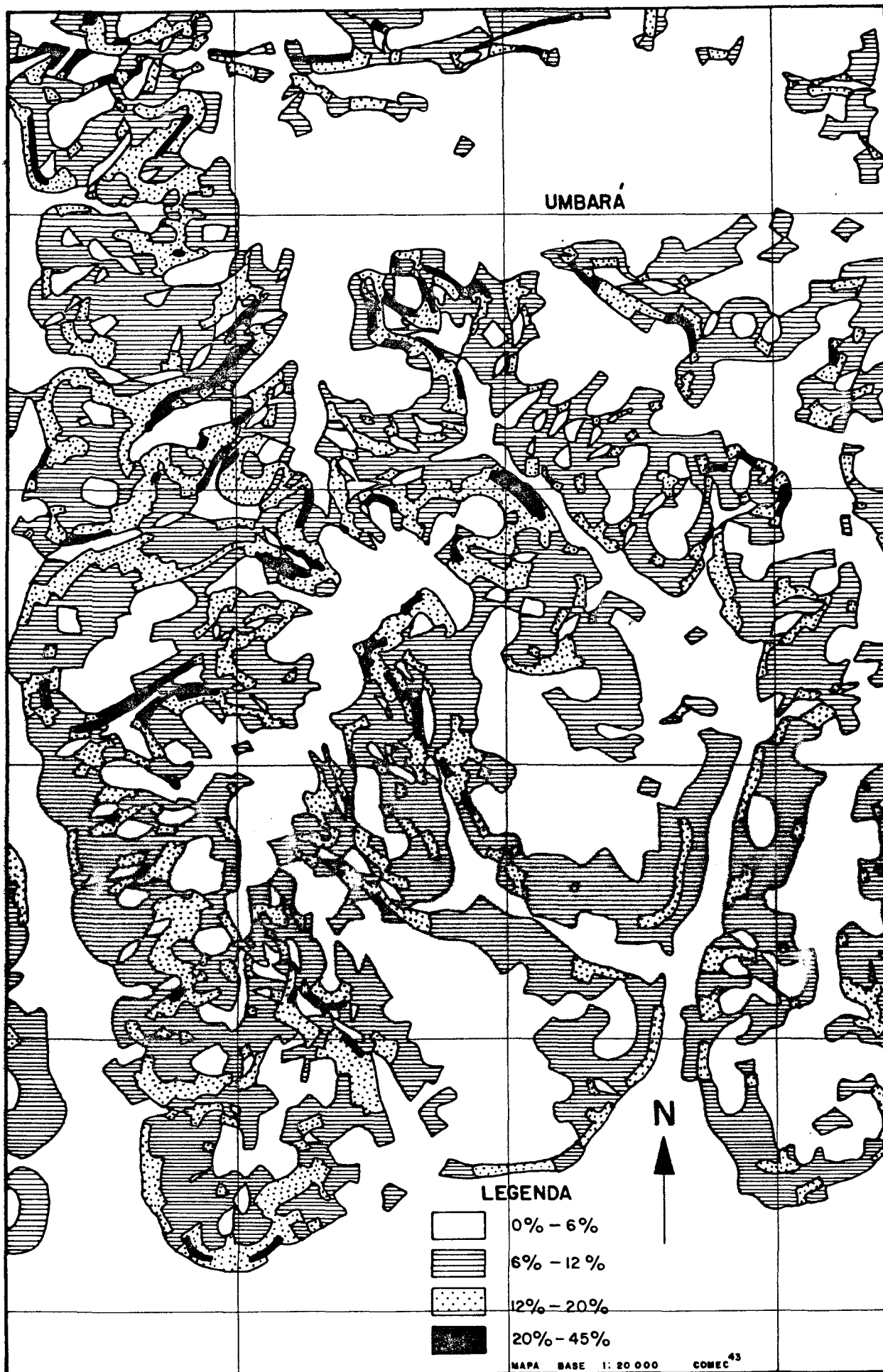
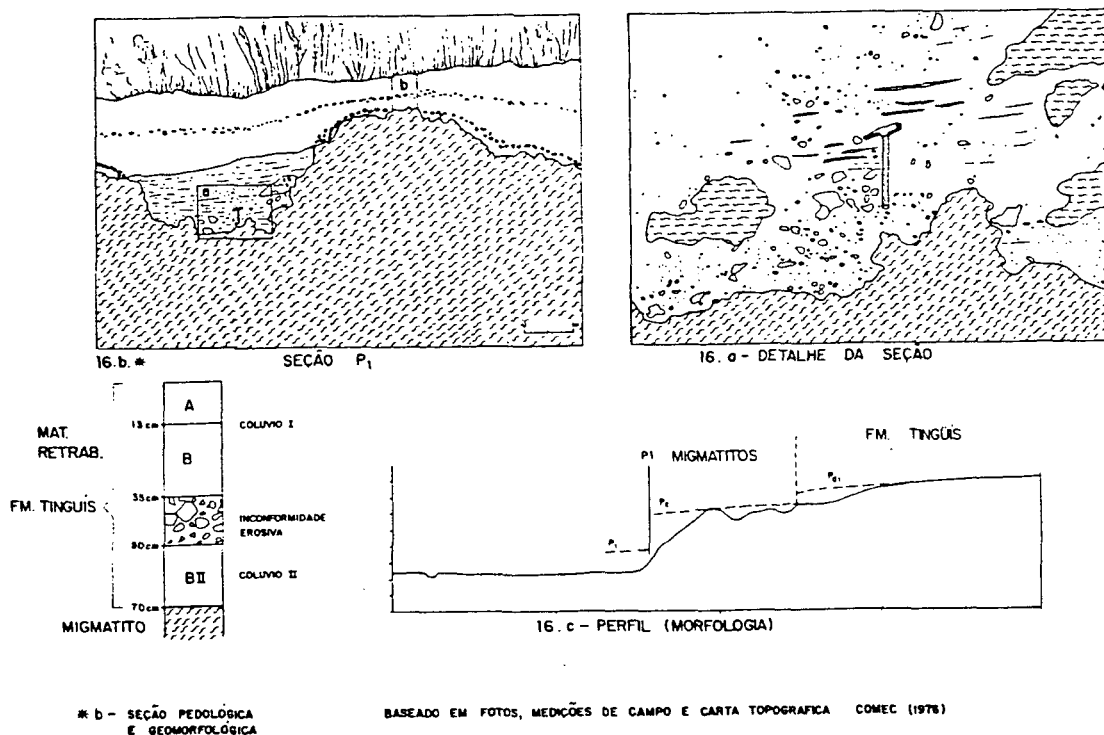
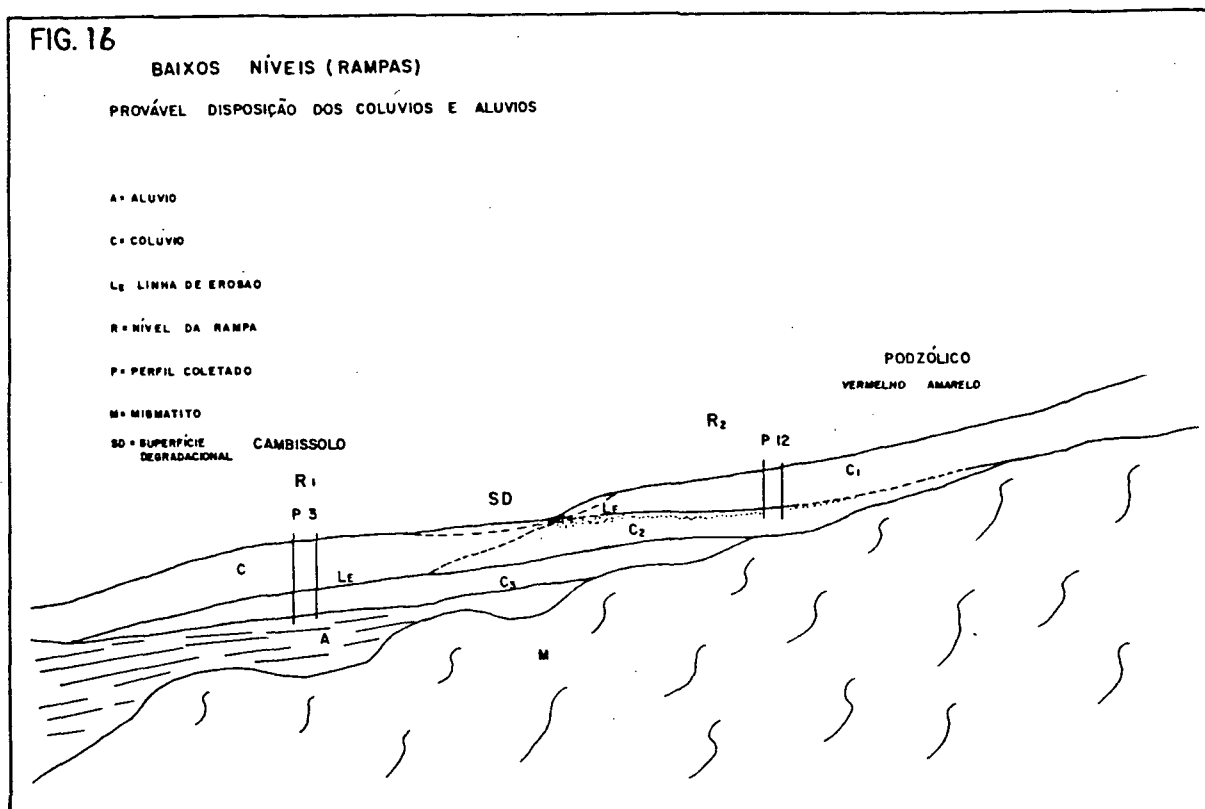


FIG.15 SEÇÃO GEOMORFOLÓGICA PEDIMENTO P<sub>1</sub>

quanto dos migmatitos; intercalados por linha de seixos, fato que também é mencionado em superfícies com características similares descritas por BIGARELLA & SALAMUNI<sup>25</sup>, ROCHA<sup>101</sup> e BECKER<sup>10</sup> na mesma região.

Em rampas baixas, próximas a fundos de vale, foram registrados vários níveis topográficos com deposições colúvio aluviais, muitas vezes sobrepostas (Fig. 17). Tendo-se como referência os trabalhos de BIGARELLA et alii<sup>30</sup>, PENTEADO<sup>96</sup> e BECKER<sup>10</sup> entre outros pode-se, juntamente com os resultados obtidos em levantamentos efetuados no campo e fotointerpretação, relacionar estas deposições aos últimos eventos de agradagem e degradação, sendo desta forma, provavelmente os sedimentos mais recentes entre os depósitos das vertentes estudadas.



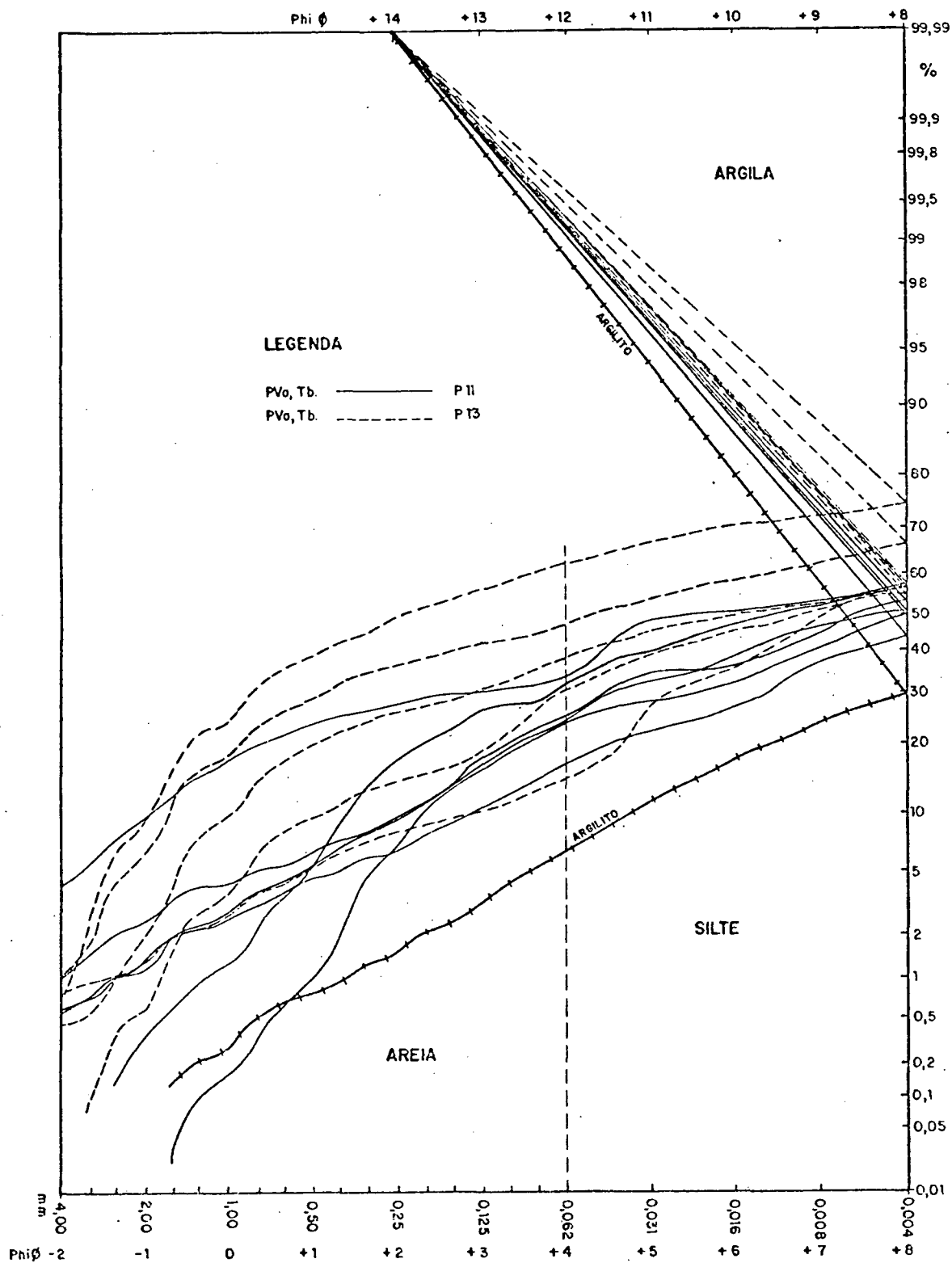
Os resultados das análises sedimentológicas, referentes à composição granulométrica das amostras coletadas em Umbarã, representados nas figuras 17, 18 e 19, caracterizam as variações granulométricas nos perfis de solos situados nas três unidades geomórficas já descritas.

Os solos pesquisados nestes três tipos de superfícies, localizam-se respectivamente:

1 - Pedimentos residuais antigos relacionados a superfície rebaixada do pediplano  $Pd_1$ , localmente também registrada por BIGARELLA et alii<sup>31</sup> (inédito)\*, ROCHA<sup>101</sup> e BECKER<sup>10</sup>

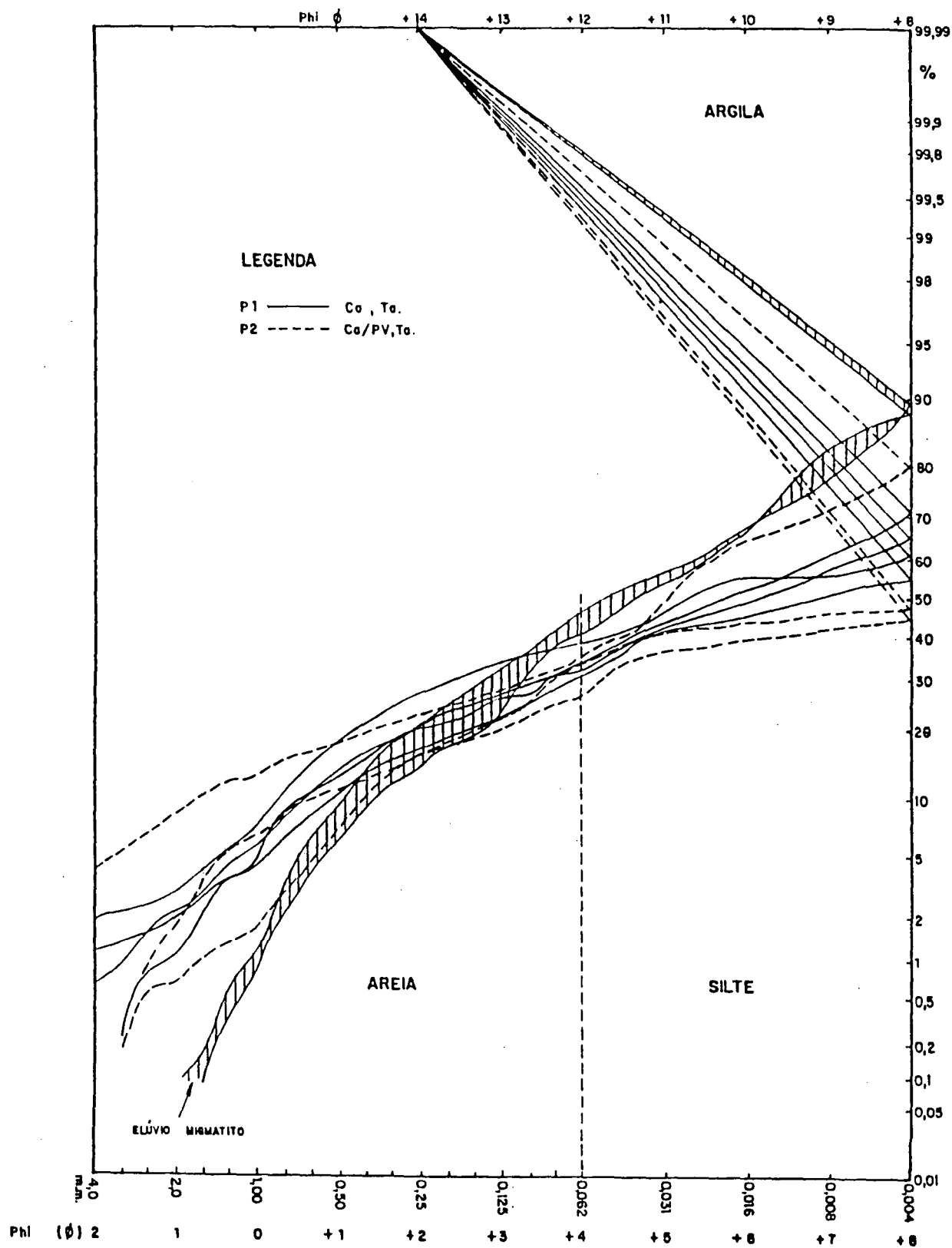
(\*) Projeto levantamento de recursos naturais na Região Metropolitana de Curitiba - COMEC/UFPR. 1978.

FIGURA 17. CURVAS DE FREQUÊNCIA GRANULOMÉTRICAS ACUMULADA DOS SEDIMENTOS ANTIGOS RELACIONADOS AO PEDIPLANO Pd<sub>1</sub>\*



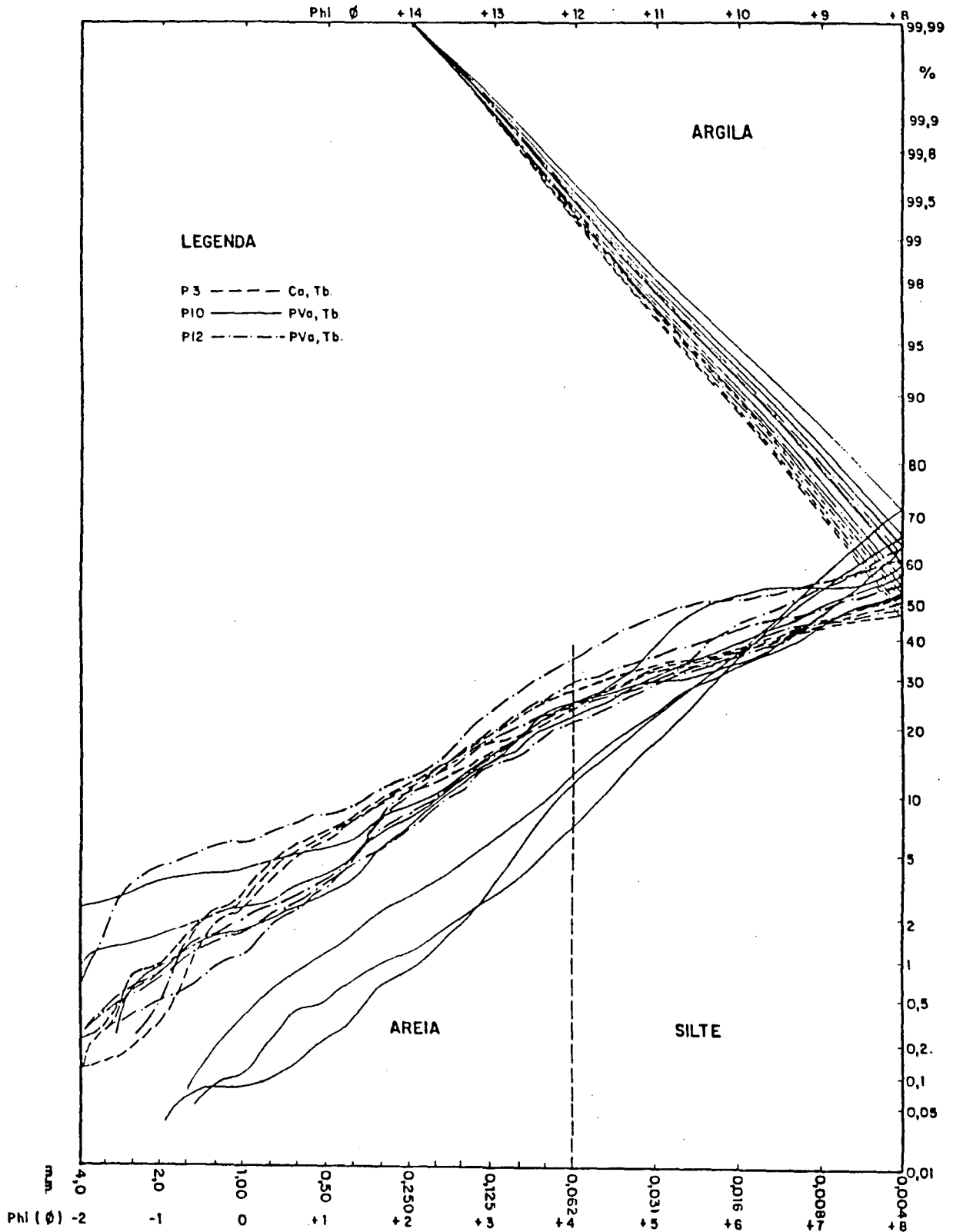
(\*) Dados originais. Anexo 8.

FIGURA 18. CURVAS DE FREQUÊNCIA GRANULOMÉTRICA ACUMULADA DE PEDIMENTOS RECENTES RELACIONADOS AOS NÍVEIS P<sub>1</sub> E P<sub>2</sub> \*



(\*) (Dados originais. Anexo 8)

FIGURA 19. CURVAS DE FREQUÊNCIA GRANULOMÉTRICA ACUMULADAS DOS BAIXOS NÍVEIS (RAMPAS) \*



(\* ) Dados originais. Anexo 8.

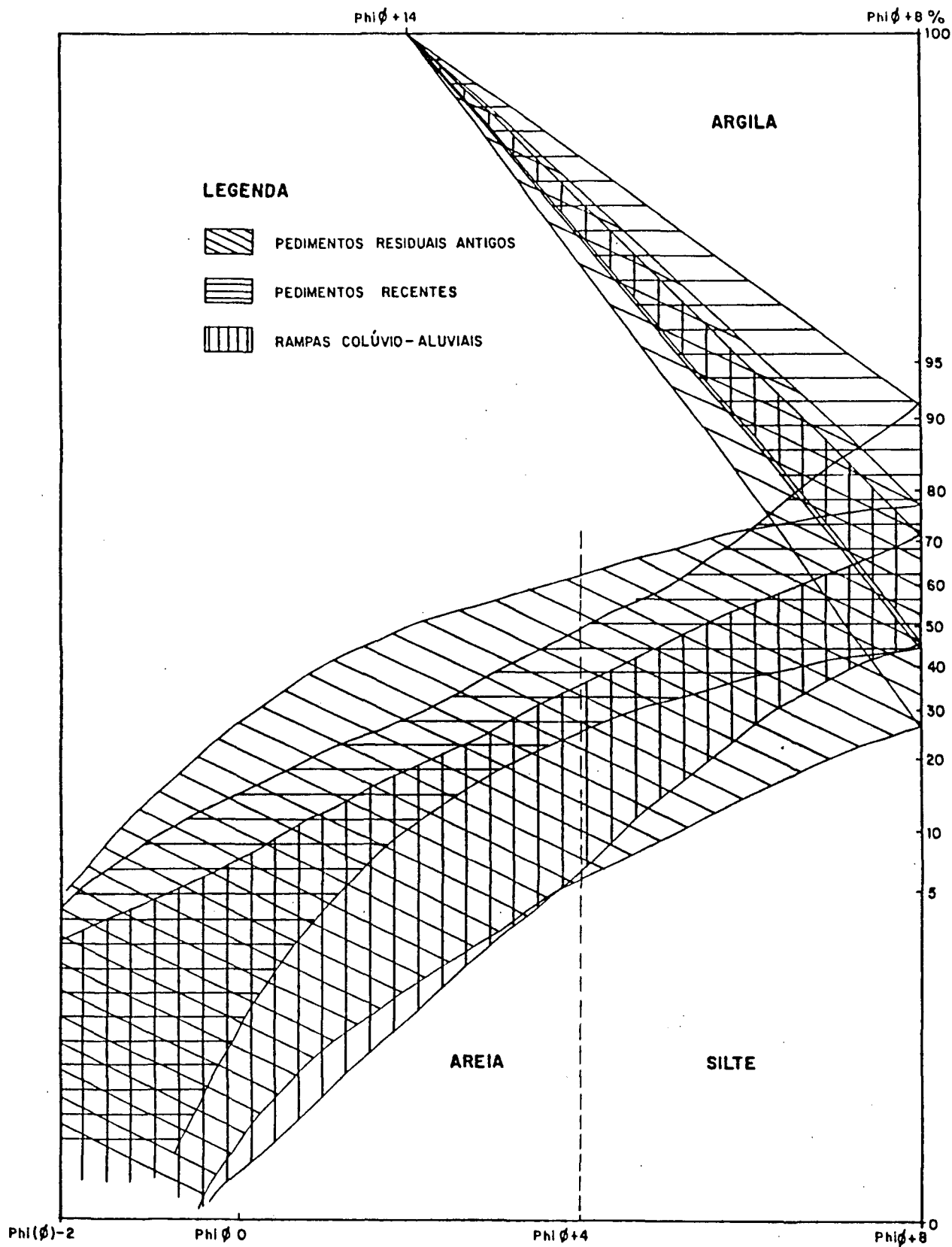


Os solos localizados nas superfícies pedimentares mais recentes  $P_1$  e  $P_2$ , apresentaram morfológicamente menor desenvolvimento, respectivamente;  $P_1$  - Cambissolo e  $P_2$  um Cambissolo podzólico. Estes solos em sua composição granulométrica média (Fig. 18), diferem um pouco dos solos anteriores, registrando-se ligeira diminuição na fração ar gila. Este fato deve ser relacionado a origem deste mate - rial, supostamente retrabalhado das superfícies mais elevadas.

Os perfis de solos localizados nas rampas  $Rc_2, Rc_1$  apresentaram também variações no grau de desenvolvimento morfológico, onde posicionados nas rampas mais elevadas situam-se os solos mais desenvolvidos,  $P_{12}$  e  $P_{10}$ , ambos Podzólicos Vermelho-Amarelo. Na rampa mais próxima ao fundo de vale (mais baixa), portanto mais recente, foi registrada a ocorrência de Cambissolo, perfil  $P_3$ . Nestes perfis independente do grau de desenvolvimento morfológico, foi constatado que em sua composição granulométrica média, estes solos se assemelham aos perfis localizados em superfícies mais antigas, perfil  $P_{11}$ . No entanto nestes verificouse uma menor variabilidade entre os horizontes, (Fig. 19).

Os resultados analíticos sedimentológicos expressos nas curvas de frequência acumuladas, em seu traçado geral, (Fig. 21), e pelos parâmetros  $\sigma_I$ ,  $SK_I$  e  $KG$  (Tab. nº 2) representam três padrões mais ou menos definidos. Cabe salientar, que os resultados não são suficientes para esclarecer a gênese dos materiais sedimentares estudados, contudo, são importantes para classificação e distinção dos

FIGURA 21. CLASSIFICAÇÃO DAS CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DAS AMOSTRAS DE SOLOS COLETADOS EM UMBARÁ\*



(\* ) Gráfico construído a partir das figs. 17, 18 e 19.

materiais de origem dos solos, quando considerados com outros caracteres texturais, estruturais e confrontados com resultados anteriores, obtidos por BIGARELLA & SALAMUNI<sup>25</sup> e BIGARELLA et alii<sup>30</sup>, BIGARELLA & BECKER<sup>20</sup> e BECKER<sup>10</sup>. Onde especialmente, a comparação com os resultados apresentados na "classificação de curvas de distribuição granulométrica" (Anexo 3), de BIGARELLA et alii<sup>30</sup> pode-se confirmar pelo menos, dois tipos de material de origem dos solos estudados; o regolito dos migmatitos e depósitos colúvio-aluvionais, ou colúviais, derivados da Formação Guabirota.

TABELA nº 2 - Parâmetros estatísticos: Granulometria\*

PARÂMETROS	CLASSIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO	% Média dos perfis de solos			
		P1 e P2	P3, P10 e P12	P11 e P13	Geral
Desvio padrão ( $\sigma_I$ )	Muito pobremente selecionado	86	100	75	88
	Extremamente mal selecionado	14	-	25	12
Assimetria ( $SK_I$ )	Simétrica	43	21	-	18
	Negativas	14	22	42	27
	Muito Negativas	43	50	58	52
	Positivas	-	07	-	03
Curtose (KG)	Muito platicúrtica	14	07	42	21
	Platicúrtica	86	64	33	58
	Mesocúrtica	-	29	17	18
	Leptocúrtica	-	-	08	03

P1\*\* = Ca-Ta\*\*\*. P2 = Ca/BP-Tb. P3=Ca-Tb. P10, P11 e P13=PVa-Tb

(\*) Dados obtidos a partir de análises sedimentológicas das amostras.

(\*\*) Código perfil.

(\*\*\*) Solo

Entre os resultados estatísticos determinados através das análises granulométricas dos solos, sintetizados na forma dos parâmetros apresentados na Tabela nº 2, observou-se uma diferenciação relativa entre os conjuntos, (solos de pedimentos recentes, rampas e dos pedimentos antigos), em função de sua posição nas vertentes e/ou idade das superfícies, apesar de sob o ponto de vista sedimentológico, serem relacionados a materiais originários de processos semelhantes (corridas de lama "coluviação").

Nestes perfis de solos o diâmetro médio ( $M_z$ ), não apresenta variações significativas, apenas os perfis P13 e P11 destacam-se, com os valores  $\phi$  respectivamente, mínimo 3,31 e máximo 8,20, sendo que nos demais perfis os valores extremos oscilam entre 7,06 e 5,12 (Tabela nº 3).

As maiores variações registradas para curtose ( $K_G$ ) e grau de seleção ( $\sigma_I$ ), juntamente com o maior valor de diâmetro médio ( $M_z$ ) encontrados no perfil P11 o destacam, assim

**TABELA Nº 3 - Limites extremos, encontrados nos parâmetros calculados para os diferentes perfis de solos.**

PERFIL	$M_z$		$\sigma_I$		$SK_I$		$K_G$	
	maior	menor	maior	menor	maior	menor	maior	menor
P1	5,88	5,28	3,92	3,32	-0,34	<b>-0,01</b>	0,80	0,63
P2	6,71	5,12	4,16	2,92	<b>-0,62</b>	+0,04	0,86	0,81
P3	6,87	6,50	3,29	3,14	-0,52	-0,17	0,84	0,74
P10	6,97	6,05	3,01	<b>2,11</b>	-0,43	+0,13	0,93	0,74
P11	<b>8,20</b>	6,04	<b>4,30</b>	2,20	-0,49	-0,19	<b>1,17</b>	<b>0,56</b>
P12	7,06	6,00	3,41	2,91	-0,51	-0,08	0,91	0,66
P13	6,88	<b>3,31</b>	4,03	2,73	-0,40	-0,23	1,01	0,61

como o perfil P13, devido à estas características sedimentológicas, como os que mais se relacionam com os depósitos caracterizados por BECKER<sup>10</sup>, como sendo pertencentes a Formação Tingüis, apesar de terem sido registrados valores paramétricos relativamente diferenciados.

Como pode ser verificado na Tabela nº 3 os valores extremos de assimetria ( $SK_I$ ) dentre os sedimentos analisados situam-se nos perfis P10 e P2, onde estão respectivamente as caudas mais finas e grosseira das amostras medidas.

#### 5.1.2 Fotointerpretação e cartografia

A figura 22, ilustra as principais superfícies geomorfológicas registradas mediante fotointerpretação no Umuará. Nesta área foram identificadas várias superfícies aplainadas, em forma de patamares e ombreiras, além de topos com a mesma morfologia. Estas superfícies são relacionadas aos níveis de erosão e/ou sedimentação Pd<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>1</sub>, além de baixos terraços e rampas, localmente descritos e parcialmente mapeados por BIGARELLA et alii<sup>31</sup>(inédito), ROCHA<sup>101</sup> e BECKER<sup>10</sup>.

Estes níveis atualmente encontram-se reafeiçoados e subdivididos em superfícies rebaixadas e/ou dissecadas (figuras 22 e 23), como decorrência de ciclos geomórficos posteriores à elaboração destas, às quais BECKER<sup>10</sup> faz menção ao referir-se a sub-níveis.

As superfícies geomórficas mapeadas (Fig. 22) podem ser correlacionadas as superfícies descritas por PENTEADO <sup>96</sup> no Estado de São Paulo, porém para tal, há necessidade de maior detalhamento neste estudo, o que facilitaria relacionar com maior precisão estas superfícies com os níveis de erosão e/ou sedimentação já identificados.

Em função das limitações do presente estudo, e as dificuldades para identificação de todas as superfícies, optou-se pela numeração simples destas, onde foram definidas apenas aquelas em que situam-se os perfis pesquisados, (Vide 5.1.1).

O principal nível de região Pd<sub>1</sub>, na área supõem -se relacionar as superfícies - 10, 11 e 12 (Fig. 22) tendo sua inclinação principal voltada à SW, em direção a calha do rio principal, Iguaçu.

Embutidos na superfície Pd<sub>1</sub>, foram encontrados os demais níveis P2 P1 e as Rc.

O nível P2, constitui degraus rebaixados de antigos pedimentos relacionados as superfícies, 8,7 e eventualmente a 6, (Fig. 22). Este nível remanescente em ombreiras, pequenos patamares e topos suavemente ondulados, assim como os demais níveis embutidos, encontram-se voltados para a calha dos principais cursos fluviais que dissecam a área, rios de 3a, e 4a. ordens (classificados segundo critérios de STRAHLER <sup>120</sup>).

O nível P<sub>1</sub>, ocupando áreas mais restritas, foi identificado nas superfícies 6, 5 e algumas vezes na superfície 4,

FIGURA 22 - Superfícies Geomorfológicas em Umbarã.

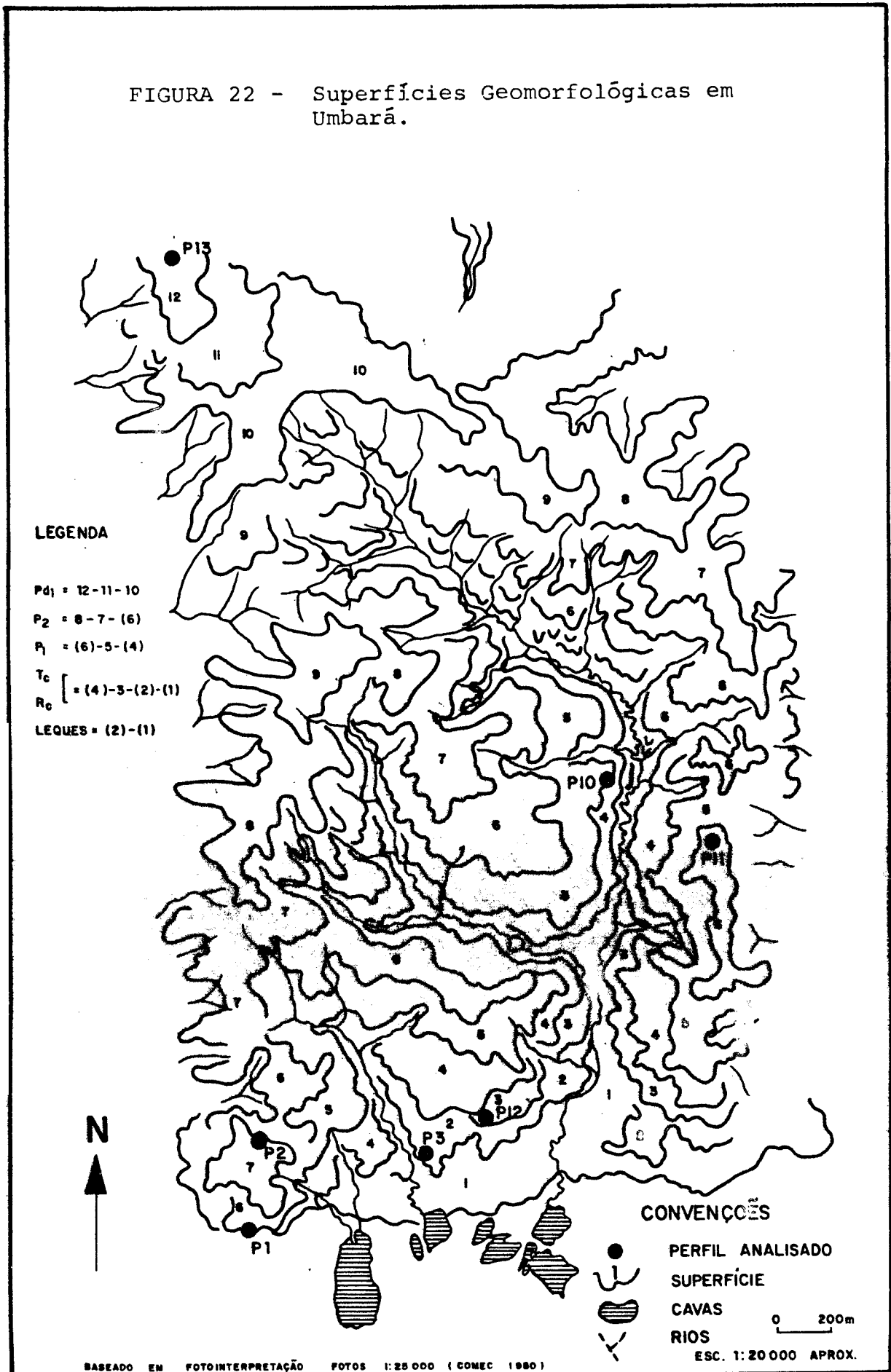
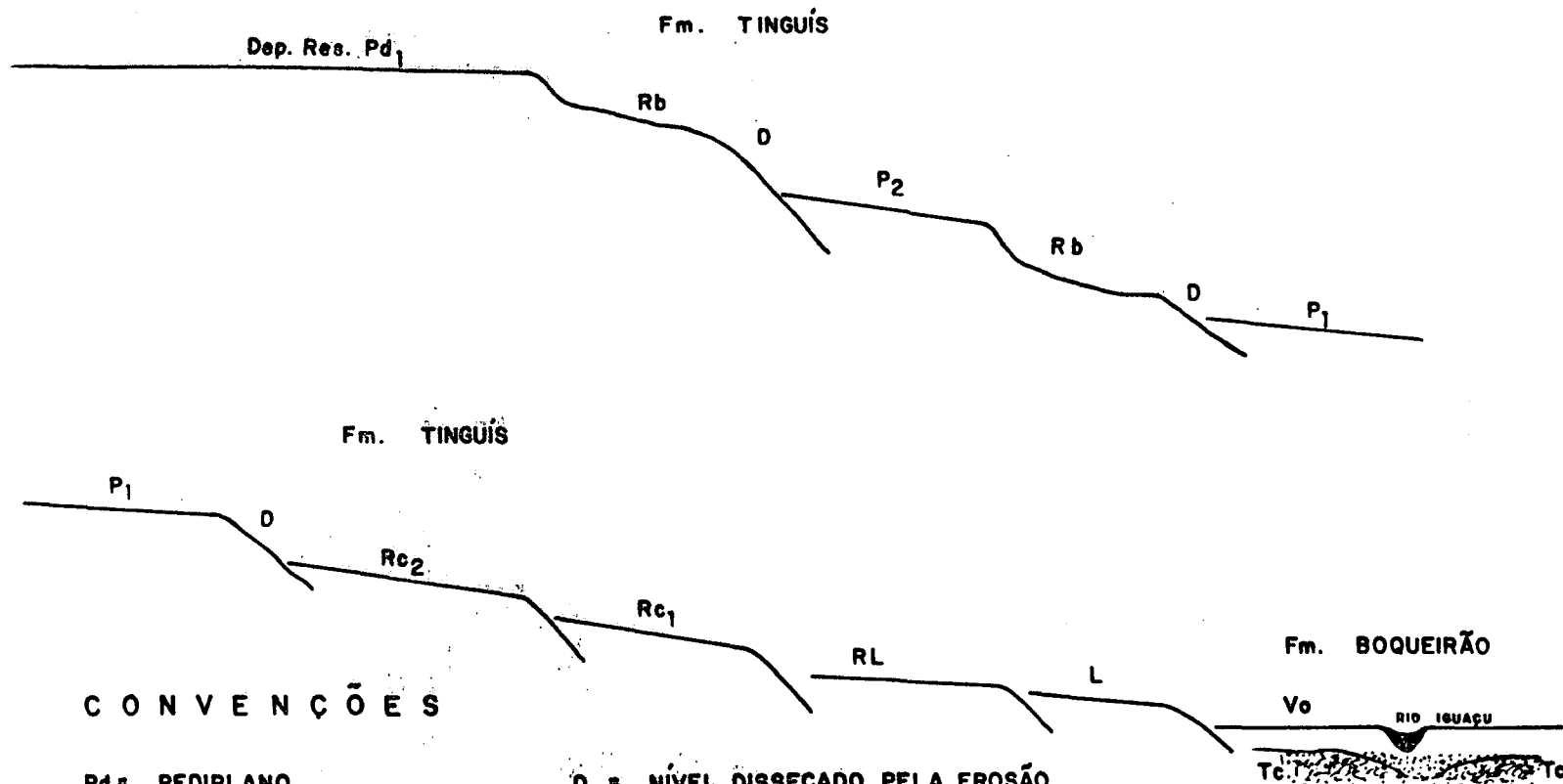


FIGURA 23 - Níveis de erosão e/ou sedimentação em Umbará - Curitiba

Fm. GUABIROTUBA



**CONVENÇÕES**

Pd = PEDIPLANO  
 P = PEDIMENTO  
 Rb = NÍVEL REBAIXADO  
 Rc = RAMPA DE COLÚVIO  
 Vo = VARZEA ATUAL

D = NÍVEL DISSECADO PELA EROSÃO  
 L = RAMPA COLÚVIO - ALUVIAL RECENTE  
 RL = RAMPA COLÚVIO - ALUVIAL  
 Tc = TERRAÇOS DE CASCALHO  
 Dep. Res. = DEPÓSITOS RESIDUAIS

(Fig. 22). Este nível apresenta dentre os níveis de pedimento como o mais dissecado.

Os níveis de baixos terraços e rampas de colúvio ou colúvio/alúvio, foram registrados nas 5 superfícies inferiores, ocorrendo com maior frequência nas superfícies 4, 3, 2 e 1 (Fig. 22).

Entre os baixos níveis, os dois mais baixos (2 e 1) identificam-se como depósito remanescente de antigos leques, cones de dejeção fluvial, identificados pela sua estrutura são caracterizado por sedimentos colúvio-aluviais.

As superfícies baixas encontram-se melhor preservadas nos locais em que as vertentes terminam em fundo de vales mais amplos, onde as mesmas apresentam no conjunto, menor inclinação, ou seja, na porção centro sul da área em questão, Fig. 22.

## 5.2 Solos

### 5.2.1 Morfologia

As unidades pedológicas estudadas, pertencem a duas classes de solos distintas, a primeira a dos Cambissolos, envolvendo os perfis P1, P2 e P3 e a segunda dos Podzólicos, os perfis P10, P11, P12 e P13.

O perfil de solo (P13) localizado na superfície remanescente do pediplano Pd<sub>1</sub>, classificado como Podzólico Vermelho-amarelo (PVa), é um solo relativamente espesso com

182cm (A + B), e na seqüência A, B e C mais de 250cm. Destacou-se entre os solos estudados como sendo aquele que apresenta, o maior desenvolvimento no horizonte A com 115cm, neste ocorre um horizonte Ab, preto (5YR, 2,5/1 - úmido), evidenciando significativa participação da fração orgânica na coloração. Os horizontes B e C deste perfil, são horizontes que se apresentam ligeiramente mais plásticos e pegajosos, fato que deve estar relacionado, ao aporte de argila proveniente dos horizontes superiores especialmente no caso do horizonte B. Quanto as características estruturais sedimentares verificadas "in loco" permitem relacionar estes horizontes, à unidades sedimentares distintas a dos horizontes A e Ab, sendo portanto, neste caso remanescentes de paleossolo. Os horizontes A e B, apresentam características sedimentológicas, que os definem como sendo originários de material coluvial, no entanto os horizontes C mostram estruturas nítidas de material colúvio - aluvial, (estratificação incipiente).

No perfil P11, situado em superfície definida localmente como P<sub>2</sub> BIGARELLA et alii<sup>31</sup>, ROCHA<sup>100</sup> e BECKER<sup>10</sup>, o solo classificado como Podzólico Vermelho-amarelo (PVA), apresentou menor desenvolvimento, em espessura entre os solos desta classe envolvidos no presente estudo, tanto no horizonte A quanto no B. Observou-se neste perfil a presença de cerosidade moderada e comum no horizonte B<sub>2</sub>. Neste mesmo horizonte ainda foi registrada a ocorrência de grãos e seixos, evidenciando tratar-se de material sedimentar distinto dos horizontes superiores. Nos horizontes inferiores, (C) foi encontrado

material característico de retrabalhamento da Formação Guabirotuba, identificando-se com os materiais "pedissedimentares" descritos por ROCHA<sup>101</sup>, e com a Form. Tingüis (unidade inferior) descrita por BECKER<sup>10</sup>. Ainda neste mesmo solo, a aproximadamente 230cm, foi encontrado um argilito Lilás, semelhante ao descrito por ROCHA<sup>101</sup> e BECKER<sup>10</sup>.

Situado em superfície relacionada ao pedimento P<sub>2</sub>, o perfil P2, classificado como Cambissolo - Podzólico, com 54cm de horizonte A e mais 117cm de B, este solo apresenta características morfológicas bastante distintas do perfil anterior (P11). O baixo desenvolvimento deste solo, as características do material de origem, com maior retrabalhamento, são indícios de ser remanescente de um ciclo erosivo imediatamente posterior ao originário dos sedimentos mais antigos da Formação Tingüis, identificados no perfil P11. Este solo apresenta uma nítida descontinuidade entre os horizontes superiores (A-B) e os inferiores IIB e IIIC, evidenciada por uma linha de seixos, o que caracteriza estes últimos como residuais de um paleossolo. Nesta unidade pedológica inferior, que se localiza entre 74 a 171cm identificada como Podzólica, observou-se cerosidade frada e pouca.

Situado em superfície pedimentar mais recente P<sub>1</sub> encontra-se o Cambissolo (P1), de menor desenvolvimento morfológico (espessura, 113cm) entre os solos envolvidos neste estudo. Este perfil é assinalado por duas linhas de seixos bem definidos, (Fig. 15). Onde o "solum" atual com 67cm de espessura, sendo 40cm de horizonte A, é separada da unidade

inferior por uma linha de seixos (com até 15cm de diâmetro) . Os horizontes inferiores por sua vez encontram-se sobre uma pequena camada de seixos e calhaus (+20cm de diâmetro) sobreposta ao elúvio do migmatito. Este perfil atinge na totalidade de 113cm de espessura aproximadamente.

O perfil P10 classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo, localizado em nível de rampa baixa na porção central da bacia, possivelmente relacionada a  $Rc_2$  definida por BIGA - RELLA et alii<sup>30</sup> é entre os solos dos níveis baixos o com menor espessura ( $A+B = 149cm$ ). Este solo apresenta uma linha de seixos a 82cm, separando o horizonte  $B_{21}$  do solo atual, do  $IIB_{22}$ , remanescente de paleossolo. Um aspecto característico dos horizontes B inferiores é a cerosidade forte e abundante. O horizonte C deste perfil apresenta evidências de ser originário de elúvio do migmatito.

Situado em mesmo nível topográfico que o perfil anterior (P10), o perfil P12 igualmente identificado como Podzólico Vermelho-amarelo, localiza-se a jusante da mesma bacia hidrográfica que o solo anterior. Este perfil apresenta pequena variação morfológica, em relação ao primeiro, com coloração pouco mais escura no horizonte A, assim como alguns centímetros a mais na espessura, tanto no horizonte A quanto no B, respectivamente 75cm e 95cm. Este solo diferencia-se do anterior também por não evidenciar cerosidade expressiva, e principalmente por estar sobreposto a uma segunda unidade coluvial, que no contacto, apresenta concentração de seixos e grânulos no horizonte IIC, não tendo sido encontrado neste caso mesmo abaixo de 280cm contato com o elúvio do migmatito .

O perfil P3 localizado em nível mais baixo de rampa, supostamente correlativa a  $Rc_1$ , de BIGARELLA et alii<sup>30</sup>, pertence a classe Cambissol, o qual apresenta, entre os solos pesquisados nas rampas, a maior profundidade sendo 185 cm de "solum" (A+B). Neste perfil chamou atenção algumas particularidades morfológicas nos horizontes inferiores onde; O IIIC contrasta com o IVC pela coloração sendo no primeiro avermelhado e o segundo amarelado, e na estrutura onde respectivamente o primeiro é maciço e no segundo há ocorrência de estratos intercalados por concreções (laterita), concreções estas, que também ocorrem nos limites, inferiores e superiores deste horizonte (IVC). No horizonte VAb, de coloração clara, com evidências de ter sofrido ação de processos de gleização, foram encontradas raízes fossilizadas, o que confirma ser horizonte remanescente de um paleossolo, soterrado a mais de 250cm de profundidade.

### 5.2.2 Granulometria

A composição granulométrica dos horizontes superficiais dos solos analisados, apresentou duas situações distintas. (Fig. 24 - Tabela nº 4).

Os solos pertencentes a classe Cambissol (P1 e P2) situados nos pedimentos mais recentes, apresentam um decréscimo nos teores de argila (Tabela nº 4) entre o primeiro e o segundo horizonte. No perfil localizado na superfície mais inclinada e recente P1, foi registrada uma redução de 4,8% no

teor de argila, no segundo perfil P2 a variação é menor 2%. Nestes mesmos solos foram registrados teores crescentes de silte entre os dois primeiros horizontes,  $A_{11}$  e  $A_{12}$ , em contraposição aos demais solos analisados onde houve uma diminuição desta fração. O teor de silte também apresentou a maior variação no perfil P1 com 5,4% contra 1,6% no perfil P2.

A maior concentração de argila nos horizontes superficiais destes solos, pode estar relacionada ao grau de desenvolvimento dos mesmos, onde possivelmente a ação dos processos de intemperismo e morfogênese recentes, sobre partículas de minerais primários, supostamente situados na fração silte, possibilitaram a transformação destes minerais em argila, o que poderá ser confirmado com análise mineralógica. Observa-se ainda nestes solos que o perfil supostamente mais antigo P2, apresentou menores teores de silte e maior concentração de argila. Nestes mesmos solos, registrou-se a maior concentração de areia, onde a média nos primeiros horizontes ficou em aproximadamente 39%, fato que deve ser decorrente da maior dissecação das superfícies  $P_1$  e  $P_2$  nas quais os referidos solos estão localizados. Os perfis P3, P10, P11 e P12, apesar de estarem distribuídos sobre superfícies distintas e serem representativas de duas classes de solos (P3 - Cambissol e os demais Podzólicos), todos apresentaram um comportamento semelhante na distribuição das frações granulométricas, silte e argila, nos dois primeiros horizontes (Tabela 4) e Fig. 24. Nestes solos existe um aumento de 4% a 12% de argila entre o 1º e o 2º horizonte e um sensível decrêsc

FIGURA 24. DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DAS DIFERENTES FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS

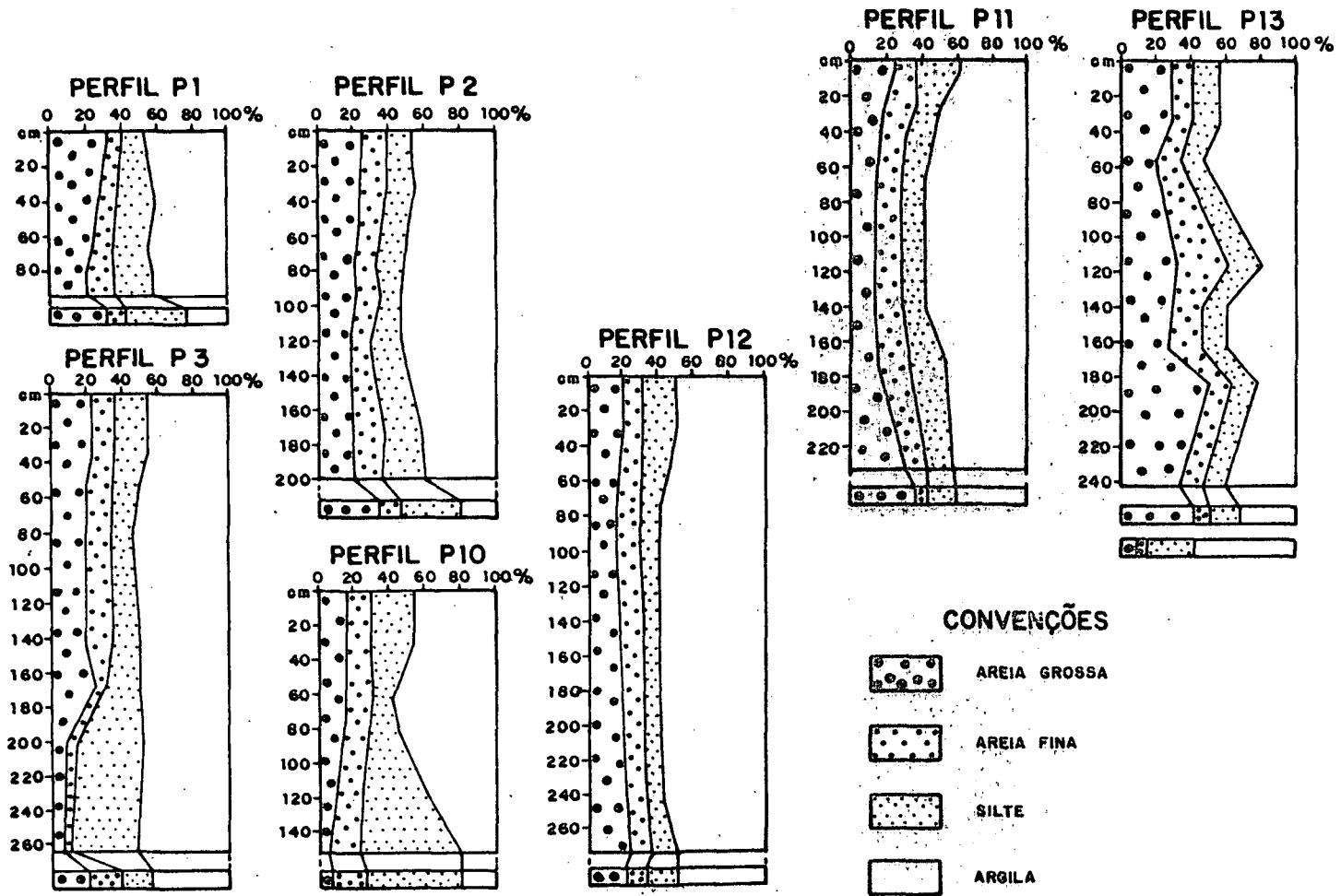


TABELA 4. GRANULOMETRIA

PERFIL Prof. cm.	HORIZONTE	ARGILA %	SILTE %	AREIA FINA %	AREIA GROSSA %	TOTAL AREIA %	
P1	0 - 5	A <sub>11</sub>	44,8	14,6	8,2	33,2	41,4
	5 - 40	A <sub>12</sub>	40,0	21,0	11,2	27,8	39,0
	40 - 67	IIB <sub>1</sub>	44,0	20,0	10,4	25,6	36,0
	67 - 81	II(B) <sub>1</sub>	42,0	20,8	16,0	21,2	37,7
	81 - 113	II(B) <sub>2</sub>	42,0	20,6	15,4	22,0	37,4
P2	0 - 9	A <sub>11</sub>	48,0	14,4	13,4	24,2	37,6
	9 - 32	A <sub>12</sub>	46,0	16,0	15,2	22,8	38,0
	32 - 54	A <sub>3</sub>	50,0	14,8	12,6	22,6	35,2
	54 - 74,5	B <sub>1</sub>	52,0	15,6	11,6	20,8	37,4
	74,5 - 94	IIB <sub>21</sub>	54,0	11,8	13,2	21,0	34,2
	94 - 118	IIB <sub>22</sub>	54,0	17,2	11,2	17,6	28,8
	118 - 171	IIB <sub>3</sub>	42,0	20,0	19,0	19,0	38,0
	171 - 198	IIIC <sub>1</sub>	40,0	24,0	16,6	19,4	36,0
	198 -	IIIC <sub>2</sub>	20,0	33,6	12,0	34,4	46,4
	P3	0 - 35	A <sub>11</sub>	46,0	17,2	13,4	23,4
35 - 52		A <sub>12</sub>	50,0	15,8	14,2	20,0	34,2
52 - 77		A <sub>3</sub>	54,0	11,6	14,2	20,2	34,4
77 - 160		II(B)	50,0	15,2	15,6	19,2	34,8
160 - 185		II(B) <sub>2</sub>	50,0	19,2	6,0	24,8	30,8
185 - 217		IIIC	48,0	37,4	5,8	8,8	14,6
217 - 259		IVC	52,2	37,0	3,2	7,8	11,0
259 -		VAb	44,0	16,6	17,8	21,6	39,4
P10		0 - 30,5	A <sub>1</sub>	46,0	24,7	13,4	15,9
	30,5 - 62,0	A <sub>3</sub>	58,0	12,2	14,8	15,0	29,8
	62,0 - 82,5	B <sub>21</sub>	54,0	17,7	14,0	14,3	28,3
	82,5 - 117,5	IIB <sub>22</sub>	38,0	37,7	15,2	9,1	24,3
	117,5 - 149	IIB <sub>23</sub>	20,0	57,5	16,8	5,5	22,3
	149 -	IIC <sub>1</sub>	20,0	53,4	19,0	7,6	26,6
P11	0 - 7	A <sub>11</sub>	38,0	24,6	12,4	25,0	37,4
	7 - 25	A <sub>12</sub>	48,0	14,1	18,2	19,7	37,9
	25 - 41	A <sub>3</sub>	52,0	15,7	15,6	16,7	32,3
	41 - 69	B <sub>1</sub>	58,0	11,7	14,8	15,5	30,3
	69 - 100,5	B <sub>2</sub>	58,0	12,0	15,2	14,8	30,0
	100,5 - 139	C <sub>1</sub>	58,0	11,9	15,8	14,3	30,1
	139 - 172	IIC <sub>2</sub>	46,0	19,2	18,6	16,2	34,8
	172 - 232	IIC <sub>3</sub>	42,0	13,9	12,2	31,9	44,1
	232 -	IIC <sub>4</sub>	40,0	15,1	7,0	37,9	44,9
P12	0 - 27	A <sub>11</sub>	50,0	18,7	11,0	20,3	31,3
	27 - 52	A <sub>12</sub>	54,0	15,5	12,2	18,3	30,5
	52 - 75	A <sub>3</sub>	60,0	10,9	13,0	16,1	29,1
	75 - 95	B <sub>1</sub>	60,0	11,0	12,8	16,2	29,0
	95 - 122	B <sub>21</sub>	60,0	9,3	14,0	16,7	30,7
	122 - 170	B <sub>22</sub>	60,0	8,5	12,0	19,5	31,5
	170 - 240	C <sub>1</sub>	58,0	8,5	11,8	21,7	33,5
	240 - 271	IIC	50,0	13,9	12,2	23,9	36,1
	271 -	IIIC	50,0	17,3	11,6	21,1	32,7
P13	0 - 35	A <sub>11</sub>	44,0	15,4	11,4	29,2	40,6
	35 - 56	A <sub>12</sub>	54,0	12,1	14,4	19,5	33,9
	56 - 115	Ab	20,0	19,1	28,4	32,5	60,9
	115 - 138	IIB <sub>21</sub>	40,0	13,9	17,4	28,7	46,1
	138 - 162	IIB <sub>22</sub>	40,0	13,7	19,6	26,7	46,3
	162 - 182	IIB/C	22,0	14,0	13,8	50,2	64,0
	182 - 241	IIC <sub>1</sub>	40,0	12,7	13,4	33,9	47,3
	241 -	IIC <sub>2</sub>	32,0	17,0	9,8	41,2	51,0

mo do silte entre os respectivos horizontes oscilando de 1,4% a 12,5%. Esta situação inversa aos dois primeiros solos, P1 e P2, deve estar em parte pelo menos relacionada a inclinação das superfícies e principalmente ao modelado do terreno, pois no primeiro caso, os solos encontram-se em relevo ondulado - (20 a 45% de declividade) e no segundo caso, sobre superfícies suavemente onduladas ( $\pm$  6% de declive), o que deve favorecer a ação mais efetiva da pedogênese.

A análise dos resultados granulométricos (granulometria e sedimentologia), ainda referentes aos dois primeiros horizontes permitem a distinção dos solos localizados nos pedimentos antigos, daqueles encontrados nas rampas.

Nos solos supostamente mais antigos P11 e P13 quando relacionados às superfícies de origem verifica-se significativa diminuição, na composição média nos dois primeiros horizontes de  $\pm$ 6% do silte, contra equivalente aumento da argila (Tabela 4), ou seja, entre o solo P11 localizado na superfície mais recente P<sub>2</sub>, e o da superfície mais elevada Pd<sub>1</sub> perfil P13.

Os perfis P3, P12 e P10, que constituem uma sequência de solos, situados em baixas rampas, respectivamente do primeiro ao terceiro, em níveis, do mais baixo ao mais elevado, apresentaram nos resultados granulométricos do perfil P3 ao P10, quantidades decrescentes de areia, com variações de 21,7% a 15,45% (fração areia grossa) e um aumento de 16,5% a 18,45% no silte.

O comportamento dos perfis quanto a constituição

granulométrica nos horizontes subsuperficiais é bastante diversificado, este fato pode ser explicado por situarem-se em diferentes posições topográficas, e por relacionarem-se a diferentes tipos de vertentes e/ou níveis de superfícies geomorfológicas.

O perfil P1 (Ca-Ta) relativamente raso (113cm) e pouco desenvolvido (Cambissolo), apresenta uma descontinuidade entre os primeiros horizontes A e os de subsuperfície (II(B)<sub>1</sub> e II(B)<sub>2</sub>), ou seja o horizonte IIB<sub>1</sub>, no qual foram encontrados seixos dispersos e/ou concentrados em forma de linha, caracterizando uma antiga superfície de erosão. Os dois horizontes abaixo do IIB<sub>1</sub>, II(B)<sub>1</sub> e II(B)<sub>2</sub>, apresentam características granulométricas semelhantes entre si, e diferenciadas na fração areia dos demais horizontes por apresentarem valores crescentes 36% a 37,4%. Sob o último horizonte identificou-se outra linha de seixos incipientes e blocos decompostos de migmatito, sobre elúvio de migmatitos com uma superfície de contato bastante irregular.

Apresentando um maior desenvolvimento com 183cm, de profundidade o perfil P2 (Podzólico PV-1b), tem variações granulométricas significativas entre seus horizontes. Neste perfil os horizontes A<sub>11</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>3</sub> e B<sub>1</sub> com 48% a 52% argila e 15% de silte originários de material retrabalhado caracterizam a porção superior câmbica. Na subsuperfície separados por uma linha de seixos (superfície antiga de erosão) encontram-se horizontes mais antigos IIB<sub>21</sub> e IIB<sub>22</sub> com teores de argila mais elevados 54%, e teor menor de silte 11,8% (no horizonte IIB<sub>21</sub>).

Neste solo o horizonte IIB<sub>3</sub> e especialmente os horizontes IIIC<sub>1</sub> e IIIC<sub>2</sub>, apresentam características de materiais menos alterados, menor percentagem de argila chegando a 20% no horizonte IIIC<sub>2</sub>. Constatou-se a presença significativa de seixos e fragmentos maiores de migmatitos decompostos no último horizonte com baixos teores de argila 20% e com 33,6% de silte e 46,4% de areia, valores que evidenciam pouca ação de processos pedogenéticos, nesta porção do perfil, (Fig. 24 - Tabela 4).

O perfil P<sub>3</sub>, (Cambissolo Ca-Tb) apesar de ter o horizonte "A" relativamente mais profundo 77cm, apresenta um solo pouco desenvolvido (Cambissolo) com compartimentos granulométricos distintos. O primeiro envolve os horizontes superficiais A<sub>11</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>3</sub> e IIB nos quais a presença de areia fina varia de 13,4% a 15,6% crescendo do primeiro para o último horizonte, a argila tem comportamento semelhante exceto para o horizonte IIB onde há um ligeiro decréscimo de 54% para 50%. A "remoção" da argila dos horizontes superficiais pode ser responsável pela diferença de 8% entre A<sub>11</sub> 46% e A<sub>3</sub> 54%. Os horizontes II(B)<sub>2</sub>, IIIC e IVC com características colúvio-aluviais apresentam significativa diferença nos teores de areia fina, se comparados com os horizontes superiores sendo a quantidade bem mais reduzida variando de 3,2 a 6%. Os horizontes IIC e IVC, separados entre si por uma camada de concreção ferruginosa, diferenciam dos demais pela elevada quantidade de silte 37% e baixos teores de areia 14,6% e 11% respectivamente. No último horizonte analisado deste perfil

o VAb (Paleossolo) constatou-se a presença de raízes fósseis concrecionadas, sendo o horizonte mais arenoso do perfil com 39,4% de areia.

No perfil P10 (Podzólico), os percentuais granulométricos dos horizontes de superfície ( $A_1$ ) destaca-se o silte com 24,7% o qual decresce no horizonte seguinte para 12,2% ( $A_3$ ), relação inversa ocorre com a argila que aumenta de 46% ( $A_1$ ), para 58% ( $A_3$ ). As frações areia fina e areia grossa são relativamente iguais nos três primeiros horizontes, ou seja  $A_1$ ,  $A_3$  e  $B_{21}$  com uma média de 14% de areia fina e 15% de areia grossa, esta última ligeiramente mais concentrada no horizonte superficial ( $A_{11}$ ). No limite entre o horizonte  $B_{21}$  e  $IIB_{22}$  existe uma nítida separação com a presença de uma linha de seixos. A porção inferior, do perfil caracteriza uma unidade geomorfológica pedológica distinta, com diferenças granulométricas muito significativas, onde foram identificados os horizontes  $IIB_{22}$ ,  $IIB_{23}$  e  $IIC_1$  e a presença de material menos decomposto com argila varia entre 38% a 20% e a quantidade de silte entre 37% a 57%.

O perfil P11 apresenta percentuais granulométricos dos horizontes superficiais  $A_{11}$  e  $A_{12}$  com menores quantidades de argila 38% a 48%. No horizonte  $A_{11}$  são significativos os valores de silte 24,6% e areia grossa 25%, o que leva a supor ter ocorrido um certo retrabalhamento deste solo na superfície. Os horizontes  $A_{12}$ ,  $A_3$ ,  $B_1$ ,  $B_2$  e  $C_1$  apresentam uma significativa homogeneidade quanto as características texturais com 58% de argila e valores aproximados de 21% de silte, 15% de areia

fina e 16% de areia grossa. O teor mais elevado 58% de argila nos horizontes "B" pode estar relacionado em parte ao processo de "iluviação". Além disso os processos erosivos recentes que atuaram sobre este solo também observados por ROCHA<sup>101</sup> devem em parte ter contribuído para a perda (-20%) da argila no horizonte superficial (teor 38%).

Neste perfil (P11) o "solum" aparentemente não apresenta variações granulométricas significativas no seu interior, como ocorre com os outros perfis anteriormente descritos, porém, existe uma significativa diferença entre o material originário do perfil (horizonte C<sub>1</sub>), e os horizontes inferiores IIC<sub>2</sub>, IIC<sub>3</sub> e IIC<sub>4</sub>, nos quais, os valores percentuais de areia fina decrescem significativamente e os teores de areia grossa duplicam.

O perfil P12 (PVA-Tb), com aproximadamente 240cm de espessura, particulariza-se dos demais por apresentar os teores mais elevados de argila (50% a 60%) nos horizontes A e B. Apresentando variações semelhantes para os três primeiros horizontes A<sub>11</sub>, A<sub>12</sub> e A<sub>3</sub>, onde a argila e a areia fina atingem valores crescentes 50% a 60% e 11% a 13% respectivamente, o silte e a areia grossa decrescem do horizonte A<sub>11</sub> para o A<sub>3</sub>, sendo que o silte tem uma variação aproximada de 19% a 11%, e a areia grossa de 20% a 16%. Neste perfil, o horizonte B<sub>1</sub> com presença de seixos e grânulos, apresenta nas demais classes granulométricas, comportamento semelhante ao do horizonte A<sub>3</sub>. Os horizontes B<sub>21</sub> e B<sub>22</sub> no referido perfil, considerando-se a presença das porções mais grosseiras (seixos e grânulos)

no horizonte  $B_1$ , a redução de 1,5% de silte e o aumento de 1,2% de areia fina, permitem defini-los como prováveis horizontes de um solo anterior ao atual, o qual deveria ser um pouco mais desenvolvido, é originário de uma unidade coluvial mais antiga. Separados por uma outra superfície erosiva; concentrada de seixos; foram identificados abaixo do horizonte  $C_1$ , pertencentes a unidade coluvial anterior, os horizontes IIC e IIIC com 8% ou menos de argila e com 5% ou mais de silte, apresentando ainda no primeiro horizonte um aumento de 3,6% de areia.

O perfil P13 (PVa-Tb), localizado na superfície mais elevada da área e supostamente a mais antiga, destaca-se dos demais pelo elevado valor de areia chegando a 64% no horizonte IIB/C. Neste perfil identificou-se uma descontinuidade expressiva entre os horizontes  $A_{12}$  e  $IIB_{21}$ , situada no horizonte Ab, o que leva a considerar este último horizonte como um horizonte "A" de um paleossolo. Este perfil apresenta um comportamento semelhante ao do perfil P12 nos dois primeiros horizontes  $A_{11}$  e  $A_{12}$ , porém, com menores quantidades de argila no horizonte superficial (44%) e silte (15,4%), e maior quantidade de areia (40,6%), o que permite considerar como originário de retrabalhamento de solos e/ou sedimentos mais antigos desenvolvidos ou produzidos nesta superfície. O horizonte Ab com 20% de argila, 13% de silte e 60,9% de areia, deve ser originário de uma unidade sedimentar distinta sobre a superfície de um solo mais antigo, porém, pouco evoluído se considerados os valores de argila 40%, silte 13,8%

e areia 46,2% em média (horizontes IIB<sub>21</sub> e IIB<sub>22</sub>). Os horizontes IIB/C, IIC<sub>1</sub> e IIC<sub>2</sub>, da mesma forma devem ser produtos de retrabalhamento de material sedimentar mais antigo, possivelmente correlativos do período de sedimentação da unidade superior da Formação Tingüis.

Para os perfis estudados foram determinados as relações silte/argila apresentadas na Tabela 5 e Fig. 25, onde os perfis estudados apresentam significativas variações, sendo que as extremas ocorrem entre o perfil P12 cuja relação encontrada foi a mais baixa 0,11 e no perfil P10 a mais elevada 2,88. O que evidencia as diferenças de desenvolvimento dos solos nos diferentes níveis de rampas.

Entre os perfis estudados, destacam-se os perfis P10 e P11 com os valores mais elevados no horizonte superficial com índice de 0,54 e 0,55. Os demais perfis apresentam uma variação de 0,30 a 0,37 para os horizontes superficiais.

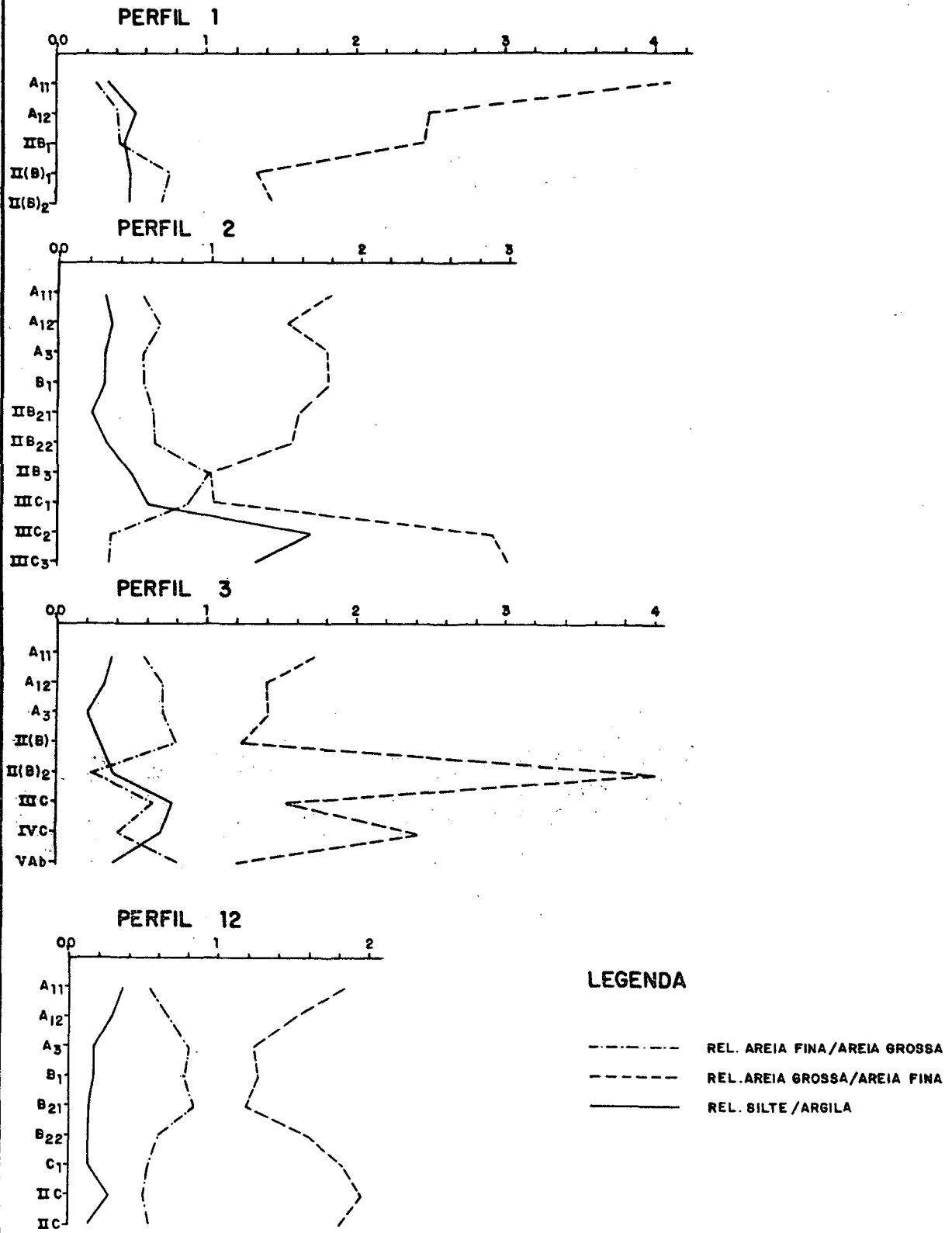
A relação silte/argila apresentou também variações significativas entre os horizontes de cada perfil estudado evidenciando possivelmente a ocorrência de solos e/ou materiais originários com diferentes graus de intemperismo. Como pode ser constatado na Tabela 5 e nas Figuras 25 e 26.

Utilizando esta relação ROCHA<sup>101</sup> determinou na região para materiais originários de Latossolos (solos mais antigos) uma relação variando entre 0,23 a 0,24, para o regolito (migmatitos alterados) 1,98, para os colúvios 0,50 e para os argilitos 0,33. Os perfis de solos envolvidos neste estudo, apresentaram resultados similares para materiais derivados de

TABELA 5. RELAÇÕES GRANULOMÉTRICAS

PERFIL	RELAÇÃO SILTE/ARGILA	RELAÇÃO AREIA FINA/AREIA GROSSA	RELAÇÃO AREIA GROSSA/AREIA FINA	
P1	A <sub>11</sub>	0,33	0,25	4,05
	A <sub>12</sub>	0,52	0,40	2,48
	IIB <sub>1</sub>	0,45	0,41	2,46
	II(B) <sub>1</sub>	0,46	0,75	1,32
	II(B) <sub>2</sub>	0,49	0,70	1,43
P2	A <sub>11</sub>	0,30	0,55	1,81
	A <sub>12</sub>	0,35	0,67	1,50
	A <sub>3</sub>	0,30	0,56	1,79
	B <sub>1</sub>	0,30	0,56	1,79
	IIB <sub>21</sub>	0,22	0,63	1,59
	IIB <sub>22</sub>	0,33	0,64	1,57
	IIB <sub>3</sub>	0,48	1,00	1,00
	IIIC <sub>1</sub>	0,60	0,86	1,17
	IIIC <sub>2</sub>	1,68	0,35	2,87
	IIIC <sub>3</sub>	1,29	0,33	3,04
	P3	A <sub>11</sub>	0,37	0,57
A <sub>12</sub>		0,32	0,71	1,41
A <sub>3</sub>		0,21	0,70	1,42
II(B)		0,30	0,81	1,23
II(B) <sub>2</sub>		0,35	0,24	4,13
IIIC		0,78	0,66	1,52
IVC		0,71	0,41	2,44
VAb		0,38	0,82	1,21
P10	A <sub>11</sub>	0,54	0,84	1,19
	A <sub>3</sub>	0,21	0,99	1,10
	B <sub>21</sub>	0,33	0,98	1,02
	IIIB <sub>22</sub>	0,97	1,67	0,60
	IIIB <sub>23</sub>	2,88	3,05	0,33
	IIC <sub>1</sub>	2,67	2,5	0,40
P11	A <sub>11</sub>	0,65	0,50	2,02
	A <sub>12</sub>	0,29	0,92	1,08
	A <sub>3</sub>	0,30	0,93	1,07
	B <sub>1</sub>	0,20	0,95	1,05
	B <sub>2</sub>	0,22	1,03	0,97
	C <sub>1</sub>	0,20	1,10	0,90
	IIC <sub>2</sub>	0,42	1,15	0,87
	IIC <sub>3</sub>	0,33	0,38	2,61
	IIC <sub>4</sub>	0,38	0,18	5,41
	IIC <sub>5</sub>	0,39	0,19	5,22
	IIC <sub>6</sub>	0,31	2,00	0,50
P12	A <sub>11</sub>	0,37	0,54	1,84
	A <sub>12</sub>	0,29	0,67	1,50
	A <sub>3</sub>	0,18	0,81	1,24
	B <sub>1</sub>	0,18	0,79	1,27
	B <sub>21</sub>	0,15	0,84	1,19
	B <sub>22</sub>	0,11	0,61	1,62
	C <sub>1</sub>	0,15	0,54	1,84
	IIC	0,28	0,51	1,96
	IIIC	0,35	0,55	1,82
	P13	A <sub>11</sub>	0,35	0,39
A <sub>12</sub>		0,22	0,74	1,35
Ab		0,95	0,87	1,14
IIB <sub>21</sub>		0,35	0,61	1,65
IIB <sub>22</sub>		0,44	0,73	1,36
IIB/C		0,64	0,27	3,64
IIC <sub>1</sub>		0,32	0,39	2,53
IIC <sub>2</sub>		0,53	0,24	4,20
IIIC <sub>3</sub>		0,48	0,47	2,13

FIGURA 25 - Variação vertical nas relações granulométricas Perfis P1, P2, P3 e P12.

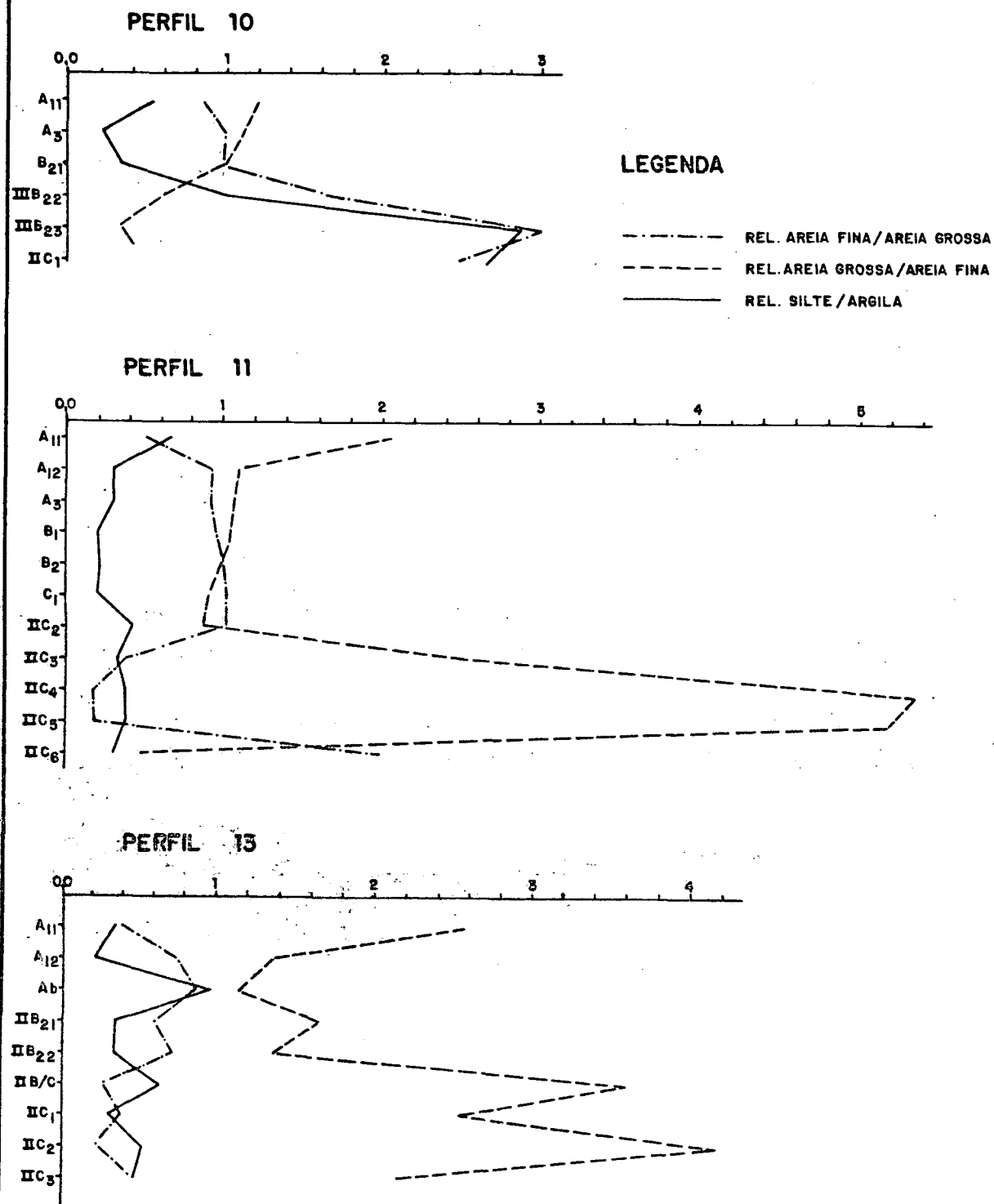


migmatitos 1,68 e 0,31 argilitos. No caso dos colúvios analisados a relação silte/argila apresentou expressivas variações em relação aos dados anteriores, nos diferentes perfis de solos onde obteve-se os seguintes resultados: P1 = 0,49; P2 = 0,60; P3 = 0,38; P10 = 2,67; P12 = 0,51; P13 = 0,32 e no perfil P11 = 0,20 (Formação Tingüis). Para os materiais identificados como colúvio-alúvio registrou-se no P3 = 0,78 e P13 = 0,64.

Quanto ao grau de intemperismo, tomando-se como base a relação silte/argila (Tab. 5, Figs. 25 e 26), verifica-se uma grande diversificação entre os materiais de origem dos solos em questão. Assim os solos morfologicamente menos evoluídos (Cambissolos), apresentam para o horizonte "B" a relação silte/argila entre 0,49 e 0,32, e nos Podzólicos, solos com maior desenvolvimento morfológico, de 0,14 a 0,99 onde; em materiais coluviais mais recentes, os valores extremos situam-se nas rampas e nos pedimentos mais antigos os índices ficam entre 0,21 e 0,34.

Os valores obtidos (Tabela nº 5 Figs. 25 e 26) na relação areia fina /areia grossa, para os solos do presente caso, mostram-se muito variáveis, de 0,18 no perfil P11 (horizonte IIC<sub>4</sub>) até 3,05 no perfil P10. Este fato deve estar provavelmente relacionado com idade ou grau de decomposição dos materiais originários, certamente, caracteriza também os diferentes tipos de materiais originários; elúvios de migmatitos, colúvios e colúvios-aluviais derivados das Formações Guabirotuba e Tingüis. Nos perfis dos solos estudados verifi-

FIGURA 26 - Variação vertical nas relações granulométricas Perfis P10, P11 e P13 .



cou-se uma variação crescente nos índices desta relação, entre o primeiro e o segundo horizonte, sendo a diferença sempre superior a 0,10. Dentre os horizontes do solo atual também foi constatado, sempre o menor valor para o horizonte superficial, o que indica ser o de maior concentração de areia grossa. Dentre os perfis os valores extremos no horizonte superficial foram 0,25 a 0,84 respectivamente localizados nos perfis P1 e P10 (Tabela 5, Figs. 25 e 26).

Aplicando-se a relação areia grossa/areia fina proposta em AGUIAR & SILVA<sup>05</sup>, foram registradas mudanças significativas nos valores ao longo dos horizontes dos solos estudados. Estas diferenças evidenciam variações nas características dos materiais originários, evidenciando "descontinuidades litológicas"\*, ou seja, a ocorrência de mais de uma unidade sedimentar em um perfil de solo.

Em função do número de descontinuidade (variações altas Tab. 6), os perfis podem ser agrupados em dois conjuntos, os localizados em superfícies mais elevadas das vertentes (P2, P11 e P13), com um número maior de descontinuidades, cujo número equivalente é encontrado na superfície supostamente correlativa, onde localiza-se o perfil (P3) em rampa

---

(\*) Segundo definição, encontrada na 7a. aproximação SOIL SURVEY STAFF<sup>118</sup>: "Uma descontinuidade litológica é uma mudança significativa na distribuição das partículas por tamanho ou na mineralogia". Variações abruptas nas porcentagens de areia grossa e areia fina indicam portanto descontinuidades litológicas.

TABELA 6. VARIAÇÕES VERTICAIS NOS VALORES DAS RELAÇÕES GRANULOMÉTRICAS

PERFIL	VALOR ATRIBUÍDO*	HORIZONTE (S)
P1	8	A <sub>11</sub>
	0	A <sub>12</sub> e IIB <sub>1</sub>
	8	II(B) <sub>1</sub>
	1	II(B) <sub>2</sub>
P2	2	A <sub>11</sub>
	2	A <sub>12</sub>
	0	A <sub>3</sub> e B <sub>1</sub>
	2	IIB <sub>21</sub>
	1	IIB <sub>22</sub>
	4	IIB <sub>23</sub>
	1	IIIC <sub>1</sub>
	8	IIIC <sub>2</sub>
P3	2	A <sub>11</sub>
	1	A <sub>12</sub> e A <sub>3</sub>
	1	II(B)
	10	II(B) <sub>2</sub>
	10	IIIC
	6	IVC
	8	VAb
P10	2	A <sub>11</sub>
	1	A <sub>3</sub> e B <sub>21</sub>
	6	IIB <sub>22</sub>
	8	IIB <sub>23</sub>
	4	IIIC <sub>1</sub>
P11	6	A <sub>11</sub>
	0	A <sub>12</sub> , A <sub>3</sub> , B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> e C <sub>1</sub>
	2	IIC <sub>2</sub>
	8	IIC <sub>3</sub>
	10	IIC <sub>4</sub>
	2	IIC <sub>5</sub>
	10	IIC <sub>6</sub>
P12	2	A <sub>11</sub>
	2	A <sub>12</sub>
	0	A <sub>3</sub> , B <sub>1</sub> e B <sub>21</sub>
	4	B <sub>22</sub>
	1	C <sub>1</sub>
	1	IIC
	1	IIIC
P13	8	A <sub>11</sub>
	6	A <sub>12</sub>
	6	Ab
	6	IIB <sub>21</sub>
	2	IIB <sub>22</sub>
	10	IIB/C
	8	IIC <sub>1</sub>
	8	IIC <sub>2</sub>
	10	IIIC <sub>3</sub>

(\*) Foram considerados valores significativos, aqueles cuja relação foi superior a 0,1 quando ocorreram mudanças nas três relações, silte/argila, areia grossa/areia fina e areia fina/areia grossa, ou ainda quando qualquer relação apresentou variação acima de 0,2. O valor atribuído para as variações, encontram-se na "Tabela de classificação das variações dos coeficientes das relações granulométricas" (Anexo 4).

próxima ao de fundo de vale, portanto na porção mais baixa da vertente. No sopé das vertentes em forma de rampas e nas porções mais dissecadas do terreno, em superfícies correlativas aos últimos ciclos de erosão e/ou sedimentação (P1, P10 e P12), são identificados menor número de descontinuidades.

Portanto a constatação de superposição de materiais com graus de intemperismo e/ou de sedimentos diferenciados, originários dos solos atuais e/ou paleossolos, é bastante evidente, tendo como base as relações, areia fina / areia grossa, areia grossa/areia fina e silte/argila, verificadas nos perfis estudados, e as referências de SANTOS FILHO<sup>107</sup>, ROCHA<sup>101</sup>, que possibilitou a elaboração da tabela nº 6, indicando agrupamentos de horizontes em função da variabilidade vertical das relações em questão nos diferentes perfis (Fig. 25 e Fig. 26).

### 5.2.3 Características químicas

#### 5.2.3.1 Elementos trocáveis, pH, valor V, m e CTC (T)

As principais características químicas dos solos estudados são apresentadas na tabela 7, de modo genérico observa-se que os elementos trocáveis,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^+$ ,  $K^+$  apresentam teores decrescentes da superfície para interior do "solum", o mesmo acontece com o C(%) com exceção dos perfis P3 - horizonte II B<sub>22</sub> e P13 - A<sub>12</sub> e Ab, nos quais um ligeiro aumento subsuperficial do Carbono, indica descontinuidade no perfil, as quais são confirmadas nos horizontes II B<sub>22</sub> (P3) e Ab (P13)

nos resultados granulométricos (5.2.2 - Tab. 5 e 6).

O  $\text{Ca}^{++}$  e Mg, nos horizontes C apresentam variações mais ou menos significativas, onde os horizontes, relacionados aos argilitos (Fm. Tingüis) apresentam menor aumento em relação aos solos localizados sobre horizontes derivados de migmatitos, nos quais respectivamente os teores oscilam entre 0,8 a 1,5 m.e. (Fm. Tingüis) e 2,0 a 5,7 (migmatitos).

O hidrogênio e alumínio trocáveis com teores, máximo  $\text{H} + \text{Al} = 27,13\text{m.e.}$  e mínimo de  $2,75\text{m.e.}$  nos solos estudados, apresentam maior número de oscilações nos horizontes dos solos localizados nas superfícies geomórficas mais antigas P11 e P13.

O perfil P12 foi o que apresentou os maiores valores de  $\text{H} + \text{Al}$  no horizonte A chegando a  $22,42\text{m.e.}$ , neste mesmo perfil também foram registrados os valores médios mais baixos nos horizontes B ( $4\text{m.e.}$ ) e C ( $3,3\text{m.e.}$ ).

Os valores do pH oscilam entre 3,8 e 4,8, indicando elevada acidez dos solos estudados.

Nos perfis P11 e P1 (horizontes  $A_{11}$ ), foram registrados valores mais elevados (pH = 4,8 e 4,5 respectivamente) o que pode estar relacionado, ao uso agrícola anterior (a mais de 15 anos) nestes locais, onde o valor V% ligeiramente superior a 50% indica a provável utilização de calagem.

A CTC em 100gr de argila livre de Carbono, tem sido utilizada como parâmetro, para indicar o grau de intemperismo do solo, dentre os trabalhos realizados no Estado do

TABELA 7. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS PERFIS ESTUDADOS

PERFIL	HORIZONTE	pH (CaCl <sub>2</sub> )	Ca <sup>++</sup> + Mg <sup>++</sup> *(m.e.)	K <sup>+</sup> *(m.e.)	H <sub>2</sub> Al *(m.e.)	CTC(Total) *(m.e.)	C *(%)	CTC(Mineral) (**)	S	V <sub>L</sub>	AL (m.e.)	m	
P1	A <sub>11</sub>	4,5	4,7	0,31	4,44	9,45	1,8	5,02	5,01	53,01	0,8	13,76	
	A <sub>12</sub>	4,1	1,5	0,09	9,51	12,1	0,5	22,75	1,59	14,32	3,7	69,94	
	IIB <sub>1</sub>	4,2	1,8	0,06	12,08	13,94	0,6	26,22	1,86	13,34	4,5	70,75	
	II(B) <sub>1</sub>	4,3	2,0	0,03	12,65	14,68	0,3	32,09	2,03	13,82	5,1	71,52	
	II(B) <sub>2</sub>	4,2	2,0	0,02	12,65	14,67	0,1	33,97	2,02	13,76	5,2	72,02	
P2	A <sub>11</sub>	4,9	2,9	0,19	11,51	13,90	1,8	13,95	3,09	22,23	4,0	56,41	
	A <sub>12</sub>	4,0	1,6	0,05	10,46	12,11	1,5	13,28	1,65	13,62	3,8	69,72	
	A <sub>3</sub>	4,0	1,4	0,04	11,51	12,95	1,2	16,30	1,44	11,11	4,0	73,52	
	B <sub>1</sub>	4,1	1,1	0,04	9,51	10,65	0,9	13,55	1,14	10,70	3,3	74,32	
	IIB <sub>21</sub>	4,3	1,1	0,02	7,86	8,98	0,2	15,14	1,12	12,47	2,7	70,68	
	IIB <sub>22</sub>	4,0	1,4	0,02	12,65	14,07	0,1	25,31	1,42	10,09	4,4	75,60	
	IIB <sub>3</sub>	3,9	1,5	0,07	16,84	18,41	0,1	42,88	1,57	8,52	5,6	78,10	
	IIIC <sub>1</sub>	4,2	2,7	0,23	15,31	18,24	0,1	44,60	2,93	10,06	8,2	73,67	
	IIIC <sub>2</sub>	4,2	2,3	0,17	15,31	17,78	0,1	86,90	2,47	13,89	7,9	76,18	
	P3	A <sub>11</sub>	4,1	1,0	0,05	11,51	12,38	2,3	6,91	1,05	8,48	4,0	79,20
A <sub>12</sub>		4,2	0,7	0,02	9,51	10,23	0,5	16,46	0,72	7,03	3,7	83,71	
A <sub>3</sub>		4,3	0,9	0,01	7,86	8,77	0,6	11,79	0,91	10,37	3,1	77,30	
II(B)		4,3	1,2	0,02	7,50	8,72	0,1	16,64	1,22	13,99	3,0	71,09	
II(B) <sub>2</sub>		4,0	0,8	0,01	10,98	11,79	0,3	21,18	0,81	6,87	3,6	81,63	
IIIC		4,2	1,2	0,01	13,28	14,99	0,2	29,56	1,21	8,07	3,7	75,35	
IVC		4,1	1,0	0,02	12,08	13,10	0,1	24,42	1,02	7,78	3,2	75,82	
VAb		3,9	1,1	0,01	13,92	15,03	0,0	34,15	1,11	7,38	3,9	77,84	
P10	A <sub>1</sub>	3,8	0,9	0,03	11,51	12,44	1,1	17,47	0,93	7,47	2,1	69,30	
	A <sub>3</sub>	4,0	0,8	0,02	8,65	9,47	1,0	9,43	0,82	8,65	2,0	70,92	
	B <sub>21</sub>	4,0	0,9	0,01	5,91	6,82	0,5	8,92	0,91	13,34	1,4	60,60	
	IIB <sub>22</sub>	4,0	0,8	0,01	7,14	7,95	0,2	18,81	0,81	10,18	2,4	74,76	
	IIB <sub>23</sub>	4,1	0,9	0,01	5,37	6,28	0,1	29,40	0,91	14,49	2,0	68,72	
	IIC <sub>1</sub>	4,1	1,4	0,01	4,88	6,29	0,1	20,45	1,41	22,41	2,1	28,49	
	P11	A <sub>11</sub>	4,8	14,2	0,46	5,37	25,43	6,0	3,76	14,66	57,64	0,0	00,00
A <sub>12</sub>		4,1	3,6	0,20	7,50	11,30	2,0	6,87	3,8	33,62	1,1	22,44	
A <sub>3</sub>		4,0	1,7	0,07	7,86	9,63	1,4	7,75	1,77	18,38	2,0	53,05	
B <sub>1</sub>		3,9	1,1	0,04	8,65	9,79	0,8	11,36	1,14	11,64	2,5	68,68	
B <sub>2</sub>		4,0	0,5	0,04	6,82	7,36	0,7	7,86	2,38	32,33	1,8	43,10	
C <sub>1</sub>		4,2	1,3	0,05	4,03	5,38	0,4	6,51	1,35	25,09	0,6	30,76	
IIC <sub>2</sub>		3,9	0,9	0,04	7,14	8,08	0,1	16,69	0,94	11,63	2,6	73,44	
IIC <sub>3</sub>		4,1	1,2	0,03	3,67	4,90	0,1	10,71	1,23	25,10	1,4	53,23	
IIC <sub>4</sub>		4,0	1,0	0,04	6,50	7,54	0,1	17,85	1,04	13,79	2,3	68,86	
IIC <sub>5</sub>		3,8	1,5	0,09	22,42	23,40	0,1	ND	1,59	6,79	6,3	79,84	
IIC <sub>6</sub>		3,9	0,8	0,05	13,92	14,77	0,1	ND	0,85	5,75	3,9	82,10	
P12		A <sub>11</sub>	3,9	0,9	0,08	22,42	23,40	4,6	9,60	0,98	4,18	3,4	77,62
	A <sub>12</sub>	4,0	0,7	0,03	11,51	12,24	2,4	4,88	0,73	5,96	3,3	81,88	
	A <sub>3</sub>	4,0	0,7	0,03	12,65	13,38	1,8	10,30	0,73	5,45	2,7	78,71	
	B <sub>1</sub>	4,1	0,8	0,02	5,91	6,73	1,1	3,88	0,82	12,18	1,4	63,06	
	B <sub>21</sub>	4,5	0,8	0,01	3,33	4,14	0,5	3,56	0,81	19,56	0,0	0,00	
	B <sub>22</sub>	4,6	0,6	0,01	2,75	3,36	0,2	4,26	0,61	18,15	0,0	0,00	
	C <sub>1</sub>	4,5	0,8	0,01	2,75	3,36	0,2	4,41	0,81	24,10	0,0	0,00	
	IIC	4,3	0,8	0,01	3,03	3,84	0,1	6,88	0,81	21,09	0,6	42,55	
	IIIC	4,2	0,9	0,01	4,03	4,94	0,1	9,08	0,91	18,42	1,3	58,82	
	P13	A <sub>11</sub>	4,1	1,8	0,41	12,65	14,86	0,1	32,86	2,21	14,87	3,2	59,14
		A <sub>12</sub>	4,2	1,1	0,06	10,46	11,62	2,4	3,74	1,16	9,98	2,3	66,47
Ab		4,3	1,0	0,04	9,51	10,55	2,0	12,75	1,04	9,85	1,6	60,60	
IIB <sub>21</sub>		4,2	1,0	0,04	10,46	11,50	1,4	14,75	1,04	9,04	1,4	57,37	
IIB <sub>22</sub>		4,0	0,8	0,03	6,82	7,65	0,2	17,12	0,83	10,84	2,1	71,67	
IIB/C		3,9	0,9	0,02	4,88	5,80	0,1	24,54	0,92	15,86	2,1	69,53	
IIC <sub>1</sub>		3,9	0,9	0,04	9,08	10,02	0,0	25,05	0,94	9,38	3,2	77,29	
IIC <sub>2</sub>		3,9	1,1	0,06	10,98	12,14	0,1	36,68	1,16	9,55	3,6	75,63	
IIC <sub>3</sub>		3,8	5,7	0,22	27,13	33,05	0,0	ND	5,92	17,91	13,8	69,97	

ND = Não determinado.  
 (\*) = 100g. de solo.  
 (\*\*) = m.e. 100g. de argila.

Paraná podem ser citados SANTOS FILHO<sup>107</sup>, ROCHA<sup>101</sup>, SANTOS FILHO & ROCHA<sup>110</sup> e SANTOS et alii<sup>112</sup>, onde os resultados foram confirmados com outras análises, principalmente a composição mineralógica da argila.

Nos valores obtidos para os elementos trocáveis (CTC), (Tab. 7 e Fig. 28), foram registradas grandes variações nos perfis (solum) onde, para a CTC mineral, de 3,56 a 33,97 m.e./100g e nos materiais originários dos horizontes C de 4,41 a 86,90 m.e./100g de argila.

Caracterizando solos na área onde desenvolveu-se a presente pesquisa ROCHA<sup>101</sup> determinou para solos mais intemperizados (Latosolos) originais de colúvios antigos uma CTC de 13 m.e./100g de argila, e para solos derivados do argilito (B-textural) 24 m.e. aproximadamente, no horizonte, "B". Também COSTA LIMA<sup>44</sup> estudando solos do tipo Rubrozem em perfil próximo a área encontrou valor de CTC em torno de 26 m.e./100g de argila. SANTOS FILHO<sup>107</sup> também caracterizando um Latossolo, próximo à área pesquisada encontrou uma CTC de 9,2 m.e./100g de argila.

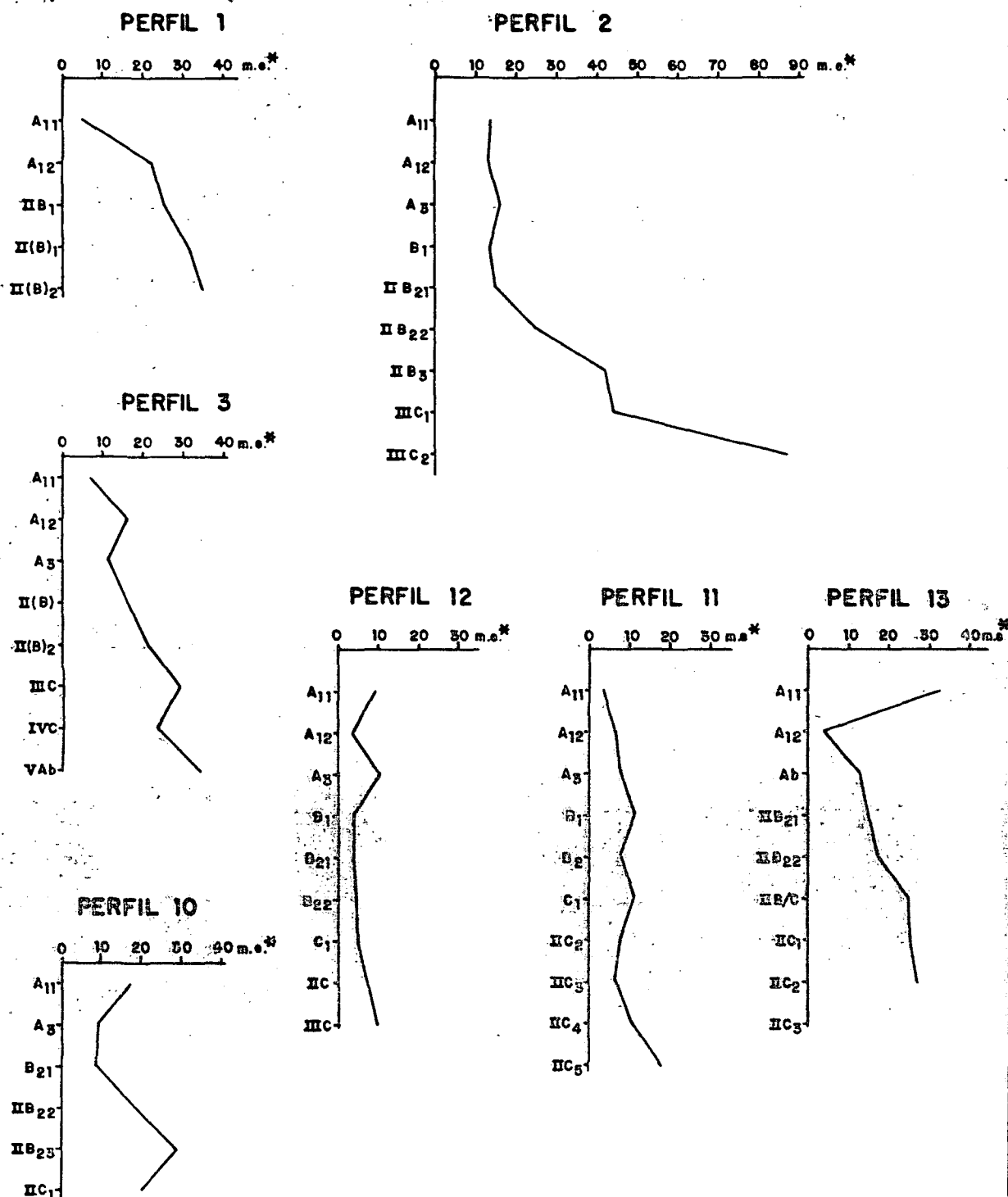
Os solos pertencentes a classe Cambissolo, dentre os pesquisados, foram aqueles que mostraram o valor mais elevado da CTC (mineral), Tab. 7 e Fig. 27, onde registrou-se para este índice uma variação de 15,14 a 32,09 (m.e./100g argila) no horizonte "B". Os solos mais desenvolvidos geneticamente classificados como Podzólicos apresentam baixos valores na CTC mineral (Tab. 7) onde oscilam entre 3,56 a 18,81 (m.e./100g argila), para o horizonte "B". Nos solos analisados verificou-se ainda que os perfis localizados sobre migmatitos P1 e P2 (Cambissolos) além de apresentarem valores mais elevados na CTC,

nos horizontes inferiores, os mesmos também apresentaram um ligeiro aumento na quantidade de Alumínio e  $Ca^{++} + Mg^{++}$ . Este fato é bem evidenciado nos horizontes  $IIIC_1$  e  $IIIC_2$  no perfil P2 (Fig. 27), os quais são originários de migmatitos.

Os solos localizados nas rampas P3 (Cambico), P10 e P12 (Podzólicos) apresentaram diferenças bastante significativas (Fig. 27), onde no perfil P3 ocorreram variações significativas em pelo menos 5 horizontes e cuja tendência é aumentar com a profundidade neste perfil, a CTC evidenciando claramente 5 descontinuidades. Nos solos localizados em níveis mais elevados de rampa P10 e P12 o número de descontinuidades é bem menor (3), sendo que no primeiro as variações mais significativas evidenciam duas unidades bem distintas, enquanto que no segundo solo cujos valores de CTC, foram os mais baixos registrados neste estudo (entre 5 m.e. e 10 m.e, aproximadamente).

Nos perfis P11 e P13, ambos Podzólicos localizados em níveis mais elevados  $P_2$  e  $Pd_1$  respectivamente, sobre sedimentos relacionados à Formação Tingüis, observa-se que o solo P11 situado em superfície mais preservada ( $P_2$ ) os valores de CTC, foram mais baixos e as oscilações entre os horizontes foram menores que os resultados apresentados pelo perfil P13, localizado em superfície mais dissecada.

FIGURA 27. CTC (MINERAL) VARIAÇÃO VERTICAL



\* m.e. 100gr / ARGILA

### 5.2.3.2 Extrações Fe, Al e Mn

As extrações de Fe, Al e Mn em diferentes formas (oxalato (o), ditionito (d) e total (t)), vem sendo utilizadas com bons resultados em estudos de gênese de solos no Estado do Paraná, na última década em trabalhos como os de SANTOS FILHO<sup>107</sup>, COSTA LIMA<sup>45-46</sup>, ROCHA<sup>101</sup> e SANTOS FILHO et alii<sup>112</sup>, entre outros, onde especialmente as relações apresentadas entre as diferentes extrações, expressas em forma de quocientes, tem servido como indicadores eficientes da cristalinidade e grau de intemperismo.

Entre os resultados apresentados na tabela 8, obtidos nas diferentes extrações os teores de Fe, Al e Mn podem ser observadas algumas variações expressivas. Assim sendo nas extrações totais de Fe são registradas as principais oscilações nos perfis, P3 entre os horizontes II(B)<sub>2</sub> e IIIC respectivamente 7175mg/100g solo para 14970mg/100g solo este último um horizonte laterítico. No perfil P11 onde ocorre uma diminuição do teor de Fe<sub>t</sub> entre os horizontes C<sub>1</sub> e IIC<sub>2</sub> em torno de 2750mg/100g, o mesmo acontece entre os horizontes IIB<sub>22</sub> e II B/C do perfil P13 onde a redução fica em 3900mg/100g.

Os valores mais baixos de Fe<sub>t</sub> foram localizados nos perfis P11 e P13 além do horizonte V Ab, respectivamente com 3450mg, 2150mg e 2075mg.

Os valores médios mais elevados de Fe total, nos

perfis P10 e P12 (podzólicos, posicionados em rampas agradacionais, relacionadas aos últimos ciclos pós pedimentação), evidenciam serem constituídos de materiais melhor desenvolvidos pedogeneticamente. Estes teores mais elevados segundo resultados apresentados por ROCHA<sup>101</sup> podem ser relacionados a uma maior contribuição dos "argilitos derivados da Fm. Guabirotuba" (unidade coluvial superior da Fm Tingüis BECKER<sup>10</sup>).

A extração química total do Alumínio ( $Al_t$ ), apresentou genericamente maiores quantidades na porção de ocorrência de afloramento de migmatitos, associados a relevo mais ondulado, onde localizam-se os perfis P1, P2 e P3.

Os teores totais de Al possuem variações bem significativas, (Tab. 8), indicadoras de prováveis diferenças nos graus de intemperismo dos materiais originários dos horizontes. Este fato pode ser constatado em todos perfis com exceção do perfil P12, onde há uma maior homogeneidade entre os horizontes.

Concentrações elevadas de Mn total, em horizontes pedogenéticos encontrados na localidade de Umbará, foram relacionados por ROCHA<sup>101</sup>, a materiais derivados da Formação Guabirotuba. Partindo-se desta afirmação os picos apresentados nos valores dos perfis P2 e P3 (Tab. 8), provavelmente estão relacionados à fases de maior contribuição dos sedimentos da referida formação, (Fm. Tingüis unidade superior segundo BECKER<sup>10</sup>). O perfil P11, neste caso, seguramente é originário de material sedimentar distinto dos demais perfis,

(Tab. 8, onde o material sendo relacionado aos "pedissedimentos" originais da Fm. Guabirota segundo ROCHA<sup>101</sup>, ou à unidade inferior da Fm. Tingüis segundo BECKER<sup>10</sup>, no qual os teores de manganês total chegaram a apresentar teores 4 vezes superiores aos demais perfis. Os valores mais baixos de manganês total foram registrados nos perfis P3 e P13.

No que se refere a menor cristalinidade, do  $Fe_O$ ,  $Al_O$  e  $Mn_O$ , observa-se na Tabela 8 com exclusão do  $Mn_O$ , que todos os solos possuem maiores quantidades de elementos especialmente o do  $Fe_O$  nos horizontes A, fato este relacionado a maior presença de matéria orgânica. Ainda com relação ao  $Fe_O$ , como pode ser constatado na tabela 8, esta extração evidencia descontinuidades significativas, além da mencionada entre os horizontes A e B, nos perfis P3, P10, P11, P12 e P13.

Nas extrações com oxalato o perfil P13 foi o que apresentou maior variabilidade, onde ocorrem os extremos de  $Fe_O$  e  $Al_O$  além de ter sido registrado neste mesmo perfil o valor mais baixo de  $Mn_O$  (Tabela 8).

Os teores de Fe, Al e Mn, obtidos mediante extração com ditionito ( $Fe_d$ ,  $Al_d$  e  $Mn_d$  Tab. 8), também apresentaram significativas variações entre horizontes de um mesmo perfil de solo, assim como particularizam perfis. Entre as principais variações nos teores destaca-se o perfil P13 com

com os menores teores de  $Fe_d$ , o perfil P3 com as maiores quantidades de  $Fe_d$ , o perfil P11 com teores de  $Mn_d$  expressivamente superiores aos demais perfis (acima de 3 vezes), o perfil P12 juntamente com o P13 apresentam os teores médios mais baixos de  $Mn_d$ , as variações extremas de  $Al_d$  encontram-se entre o perfil P11 e P10, respectivamente com os valores mais elevados e baixos dentre os solos estudados. No entanto se observados os valores médios dos horizontes nota-se uma perfeita distinção entre os Cambissolos (P1, P2 e P3) com valores ditionito mais elevados para o Al, em relação aos teores bem mais baixos apresentados pelos solos Podzólicos (P10, P11, P12 e P13).

As relações oxalato/ditionito para o Fe, Al e Mn, especialmente a relação  $Fe_o/Fe_d$  segundo a literatura consultada a exemplo de SANTOS FILHO<sup>107</sup> e ROCHA<sup>101</sup> indica, que, quanto menor for a cristalinidade, maior a relação e conseqüentemente, menor o grau de intemperismo, indicando a presença de maior quantidade de óxidos com baixa cristalinidade ("Amorfo" conceito antigo). Estas relações entre ferro, alumínio e manganês; apresentam diferenças com os resultados encontrados por SANTOS FILHO<sup>107</sup> e ROCHA<sup>101</sup>, pois os solos estudados são menos desenvolvidos geneticamente, mesmo estando localizados em superfícies relacionadas a níveis topográficos similares, caracterizando unidades geomórficas, com origens morfogenéticas distintas daquelas estudadas pelos autores citados. Nestas superfícies geomórficas, a ação dos processos modeladores

TABELA 8. EXTRAÇÕES DO Fe, Al E Mn E RELAÇÕES ENTRE  $Mn_o/Mn_d$ ,  $Mn_d/Mn_t$ ,  $Al_o/Al_d$ ,  $Al_d/Al_t$ ,  $Fe_o/Fe_d$  E  $Fe_d/Fe_f$

Nº do perfil e horizonte	Fe <sub>t</sub>	Fe <sub>o</sub>	Fe <sub>d</sub>	Al <sub>t</sub>	Al <sub>o</sub>	Al <sub>d</sub>	Mn <sub>t</sub>	Mn <sub>o</sub>	Mn <sub>d</sub>	$\frac{Mn_o}{Mn_t}$	$\frac{Al_o}{Al_t}$	$\frac{Fe_o}{Fe_d}$	$\frac{Mn_d}{Mn_t}$	$\frac{Al_d}{Al_t}$	$\frac{Fe_d}{Fe_t}$
<b>P1</b>															
A <sub>11</sub>	4400	322,5	2100	10500	172,5	412	41	15,80	38,4	0,41	0,42	0,15	0,94	0,04	0,48
A <sub>12</sub>	5700	112,5	3200	13750	317,0	1003	20	6,85	13,6	0,50	0,32	0,03	0,68	0,07	0,56
B <sub>1</sub>	5650	175,5	2500	12750	243,0	563	26	14,20	24,7	0,57	0,43	0,06	0,95	0,04	0,44
II(B) <sub>1</sub>	6375	90,0	2500	14250	210,5	516	21	7,65	17,0	0,45	0,41	0,04	0,81	0,04	0,39
II(B) <sub>2</sub>	5700	90,0	2200	14750	221,5	443	18	4,10	14,7	0,28	0,50	0,04	0,82	0,03	0,39
	2750	15,0	1200	12000	227,0	369	21	6,40	19,7	0,32	0,61	0,01	0,94	0,03	0,44
<b>P2</b>															
A <sub>11</sub>	4600	187,5	3000	11250	308,0	1020	26	14,85	22,4	0,66	0,32	0,06	0,86	0,09	0,65
A <sub>12</sub>	4800	172,5	1600	1100	317,0	966	26	11,15	10,6	1,05	0,41	0,11	0,41	0,07	0,33
A <sub>3</sub>	5475	112,5	2600	14250	302,0	984	41	10,00	29,9	0,33	0,31	0,04	0,73	0,07	0,47
B <sub>1</sub>	5550	82,5	3500	13250	277,0	1033	16	3,90	11,6	0,34	0,27	0,02	0,72	0,08	0,63
III(B) <sub>21</sub>	6275	90,0	3600	15500	246,5	456	37	13,40	37,9	0,35	0,54	0,02	1,02	0,03	0,57
III(B) <sub>22</sub>	4150	52,5	2000	11750	222,0	369	22	4,90	15,8	0,31	0,60	0,03	0,72	0,03	0,48
III(B) <sub>3</sub>	4375	52,5	2400	12000	274,0	430	26	7,25	23,0	0,31	0,64	0,02	0,35	0,04	0,55
<b>P3</b>															
A <sub>11</sub>	4650	330,0	2700	9750	455,0	974	17	1,95	6,0	0,32	0,47	0,12	0,35	0,10	0,58
A <sub>12</sub>	4975	217,5	2500	12250	395,0	1020	19	1,50	6,9	0,22	0,39	0,09	0,36	0,08	0,50
A <sub>3</sub>	4975	82,5	3000	12750	242,0	755	19	1,95	9,7	0,20	0,32	0,03	0,51	0,06	0,60
II(B)	6750	82,5	3000	13750	221,5	573	27	4,45	17,0	0,26	0,39	0,03	0,63	0,04	0,44
III(B) <sub>2</sub>	7175	157,5	4300	12250	244,5	697	54	25,30	48,7	0,52	0,35	0,04	0,90	0,06	0,60
III(C)	14970	165,0	8800	14500	180,5	502	57	14,15	56,1	0,25	0,36	0,02	0,96	0,03	0,59
IVC	14820	37,5	4700	15250	176,5	542	10	0,75	3,7	0,20	0,33	0,01	0,37	0,03	0,32
VAb	2075	17,5	600	11000	242,0	242	9	0,05	0,6	0,08	1,00	0,03	0,07	0,02	0,29
<b>P10</b>															
A <sub>1</sub>	7100	175,0	2650	10900	1575,0	790	51	28,50	35,4	0,83	1,99	0,07	0,69	0,07	0,37
A <sub>3</sub>	7000	170,0	2300	11400	305,0	73	28	6,45	12,0	0,54	4,18	0,07	0,43	0,01	0,33
B <sub>21</sub>	8650	275,0	4400	10700	600,0	71	29	11,65	14,0	0,83	8,45	0,06	0,48	0,01	0,51
III(B) <sub>22</sub>	9400	19,0	3650	12000	111,5	26	26	2,35	9,0	0,26	4,29	0,00	0,35	0,00	0,39
III(B) <sub>23</sub>	10000	30,0	3000	13300	133,0	24	29	4,10	10,0	0,41	5,54	0,01	0,34	0,00	0,29
III(C) <sub>1</sub>	10150	31,0	3300	13600	157,0	25	32	6,25	13,0	0,48	6,28	0,01	0,41	0,00	0,32
<b>P11</b>															
A <sub>11</sub>	4700	200,0	2250	7100	208,0	54	139	83,50	48,6	1,72	3,85	0,09	0,35	0,01	0,46
A <sub>12</sub>	4950	175,0	2650	8200	285,0	60	116	63,50	100,0	0,63	4,75	0,07	0,66	0,01	0,53
A <sub>3</sub>	5800	400,0	2500	9900	245,0	58	160	55,00	36,3	1,51	4,22	0,16	0,23	0,01	0,43
B <sub>1</sub>	6200	310,0	2150	10500	225,0	48	51	9,50	125,0	0,08	4,69	0,05	2,45	0,00	0,35
B <sub>2</sub>	5250	525,0	3000	10400	191,5	59	46	9,05	67,0	0,13	3,24	0,17	1,46	0,01	0,57
C <sub>1</sub>	6700	70,0	2800	11400	201,0	37	120	7,25	29,1	0,25	5,43	0,02	0,24	0,00	0,42
III(C) <sub>2</sub>	3950	25,5	500	10000	111,0	100	280	10,07	49,2	0,20	1,11	0,05	0,18	0,01	0,13
III(C) <sub>3</sub>	3550	42,5	1700	8400	112,5	1260	310	83,50	170,0	0,70	0,09	0,03	0,39	0,15	0,34
III(C) <sub>4</sub>	4500	45,0	1750	9000	149,5	117	118	54,75	95,0	0,58	1,26	0,03	0,80	0,01	0,39
III(C) <sub>5</sub>	3450	43,0	350	9700	146,0	171	400	121,00	215,0	0,56	0,85	0,12	0,54	0,02	0,10
III(C) <sub>6</sub>	10750	40,0	3650	11000	148,0	1030	98	4,90	38,4	0,13	0,14	0,01	0,39	0,09	0,34
<b>P12</b>															
A <sub>11</sub>	6050	400,0	3050	8900	380,0	103	28	5,50	4,0	1,37	3,69	0,13	0,14	0,01	0,50
A <sub>12</sub>	6750	575,0	3150	10100	670,0	111	28	6,90	8,0	0,86	6,04	0,18	0,29	0,01	0,47
A <sub>3</sub>	7300	325,0	3200	10600	505,0	105	28	5,10	9,0	0,57	4,81	0,10	0,32	0,01	0,44
B <sub>1</sub>	7150	825,0	3200	11700	975,0	94	25	4,60	6,0	0,77	10,37	0,26	0,24	0,01	0,45
B <sub>21</sub>	7250	60,0	2550	11600	189,5	65	26	0,60	3,0	0,20	2,91	0,02	0,11	0,01	0,35
B <sub>22</sub>	7150	115,0	2100	11500	335,0	52	26	0,80	3,0	0,27	6,44	0,05	0,11	0,00	0,29
C <sub>1</sub>	7250	120,0	3200	12100	265,0	46	28	0,85	7,0	0,12	5,76	0,04	0,25	0,00	0,11
III(C)	6950	60,0	2300	10900	167,0	42	29	1,05	7,0	0,15	3,98	0,03	0,24	0,00	0,33
III(C)	8950	75,0	3750	13600	173,5	47	33	4,90	28,8	0,17	3,69	0,02	0,87	0,00	0,42
<b>P13</b>															
A <sub>11</sub>	6550	700,0	2750	11300	700,0	107	32	5,90	8,0	0,74	6,54	0,25	0,25	0,01	0,42
A <sub>12</sub>	5500	725,0	2700	13100	705,0	103	15	3,55	5,0	0,71	6,84	0,27	0,33	0,01	0,49
Ab	6600	1100,0	2650	11000	1200,0	142	28	3,40	4,0	0,85	8,45	0,41	0,14	0,01	0,40
III(B) <sub>21</sub>	5750	675,9	2250	9900	680,0	88	24	1,40	2,0	0,70	7,73	0,30	0,08	0,01	0,39
III(B) <sub>22</sub>	6500	60,0	2750	13500	231,5	48	26	0,45	4,0	0,11	4,82	0,02	0,15	0,00	0,42
III(B) <sub>23</sub>	2600	7,5	100	4500	98,0	71	22	0,35	1,0	0,35	1,38	0,07	0,04	0,02	0,04
III(C) <sub>1</sub>	2450	23,0	700	10700	181,0	40	10	0,45	8,0	0,06	4,52	0,02	0,80	0,00	0,29
III(C) <sub>2</sub>	2150	11,0	700	6500	101,5	41	9	0,35	2,0	0,17	2,48	0,02	0,22	0,01	0,32
III(C) <sub>3</sub>	4750	19,0	900	9400	240,0	49	20	0,55	6,0	0,09	4,90	0,02	0,30	0,00	0,19

\* Fe<sub>o</sub>, Al<sub>o</sub> e Mn<sub>o</sub> = extraídos com oxalato de amônio

Fe<sub>d</sub>, Al<sub>d</sub> e Mn<sub>d</sub> = extraídos com ditionito

Fe<sub>t</sub>, Al<sub>t</sub> e Mn<sub>t</sub> = digestão total com ácido perclórico + ácido fluorídrico.

da paisagem (vertentes), em sua interação com processos pedogenéticos de forma geral apresenta maior complexidade.

Entre os perfis estudados, os solos menos desenvolvidos morfologicamente, ou sejam os Cambissolos são aqueles que apresentam menores valores na relação oxalato, P3 (Ca-Tb), P1 (Ca-Ta) e P2 (Ca/PVa), (Tab. 8 Fig. 28), indicando portanto a ocorrência de maior quantidade de Fe, Al e Mn com maior cristalinidade destes óxidos. Nos perfis localizados em superfícies mais antigas (níveis mais elevados), esta relação foi significativamente mais elevada apenas na relação  $Al_o/Al_d$  (Figs. 28 e 29), onde os quocientes mais elevados evidenciam um possível rejuvenescimento das superfícies, quando relacionadas a maior ocorrência de óxidos com menor cristalinidade.

Os perfis P11 e P13 das superfícies antigas e os das rampas (P10 e P12), apresentam mudanças mais significativas no comportamento do quociente oxalato/ditionito, comprovando as discontinuidades litológicas (Figs. 28 e 29) anteriormente discutidas.

Ao se relacionar com a geologia local, verifica-se que os solos localizados no setor onde há maior influência dos migmatitos, a relação oxalato/ditionito é mais baixa (P1, P2 e P3), em relação aos perfis de solos localizados em rampas e pedimentos derivados de depósitos sedimentares cenozóicos (Formação Guabirota e Formação Tingüis).

FIGURA 28. DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS QUOCIENTES:  $Mn_o/Mn_d$ ,  $Al_o/Al_d$  e  $Fe_o/Fe_d$ . Perfs: P1, P2, P3, P10 e P11

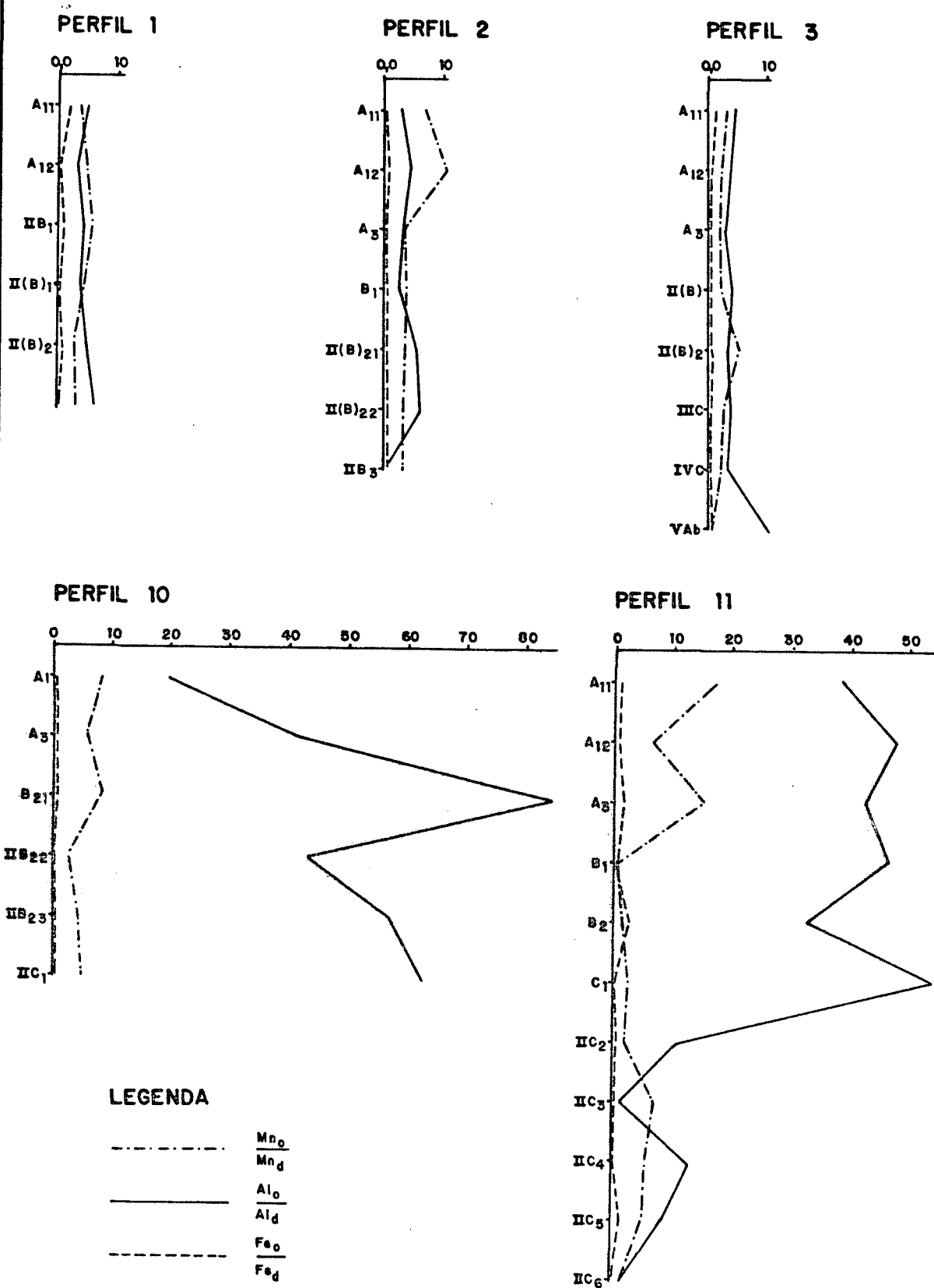
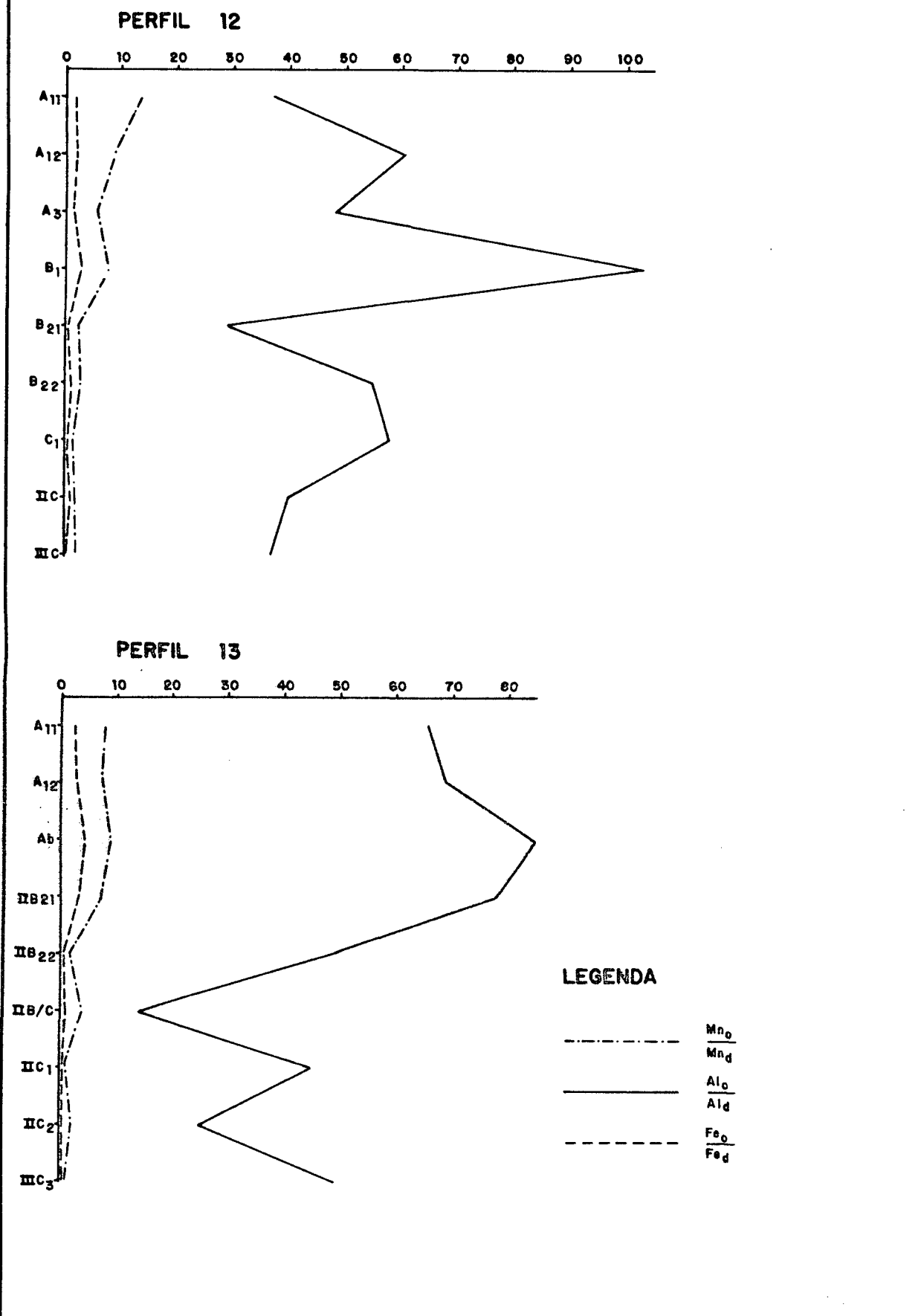


FIGURA 29. DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS QUOCIENTES:  $Mn_o/Mn_d$ ,  $Al_o/Al_d$  e  $Fe_o/Fe_d$ . Perfis: P12 e P13



Na relação ditionito/total, observa-se graficamente (Figuras 30 e 31) e pelos valores tabulados (Tabela 8), que no "solum" propriamente dito os Cambissolos apresentaram em comparação aos podzólicos, relações de  $Al_d/Al_t$ , pouco mais elevados. As variações máximas nos horizontes A + B foram para o Ferro de 0,04 a 0,65, Alumínio de 0,0 a 0,15 e o Mn de 0,44 a 2,45.

Nesta mesma região, ROCHA<sup>101</sup> encontrou para solos bem intemperizados (Latosolos) e solos com B-textural na mesma relação para o Fe valor aproximado de 0,80 e para os materiais de origem: no regolito 0,51, nos pedissedimentos sobre migmatitos 0,82, nos pedissedimentos do argilito vermelho e lilás 0,76 e nos colúvios 0,62.

A relação ferro livre e ferro total ( $Fe_d/Fe_t$ ) segundo pesquisas, como as de SANTOS FILHO<sup>107</sup>, COSTA LIMA<sup>45-46</sup>, ROCHA<sup>101</sup>, SANTOS FILHO & ROCHA<sup>109</sup>, tem mostrado valores elevados para solos bem evoluídos, valores entre 0,65 e 0,95.

Ainda podem ser tomados como parâmetros os valores obtidos por SANTOS FILHO<sup>107</sup> que determinou para um solo bem evoluído (Latosolo), localizado na área em questão, onde obteve para horizontes B variações de 0,75 a 0,76.

A relação oxalato/ditionito apresenta variações expressivas nos perfis P11 (PVa-Tb) e P13 (PVa-Tb), localizados respectivamente nos níveis P2 (Pd<sub>1</sub>R?) e Pd<sub>1</sub>. Esta relação se

FIGURA 30. DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS QUOCIENTES  $Mn_d/Mn_t$ ,  $Al_d/Al_t$  e  $Fe_d/Fe_t$ . Perfis: P1, P2, P3 e P10

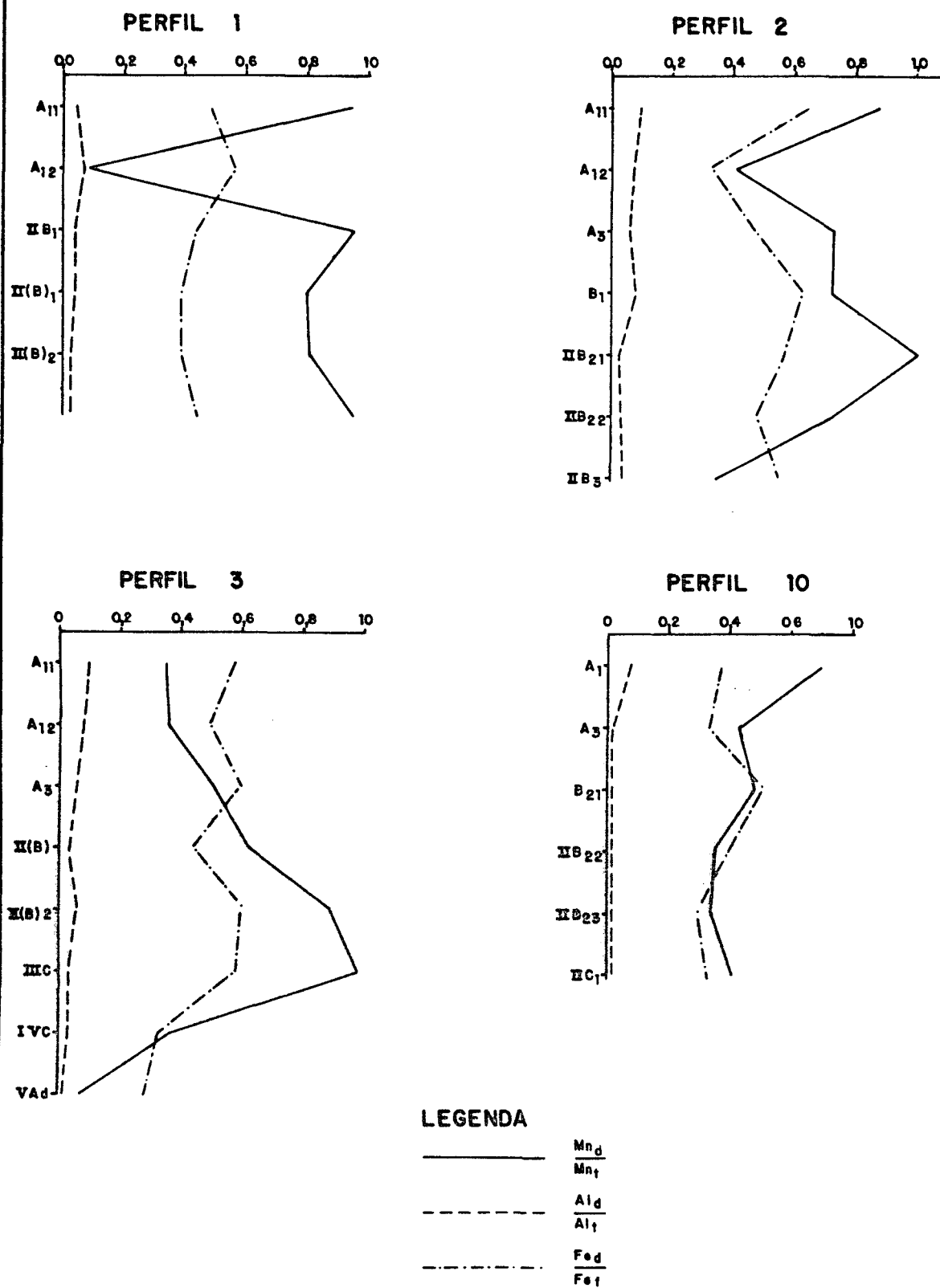
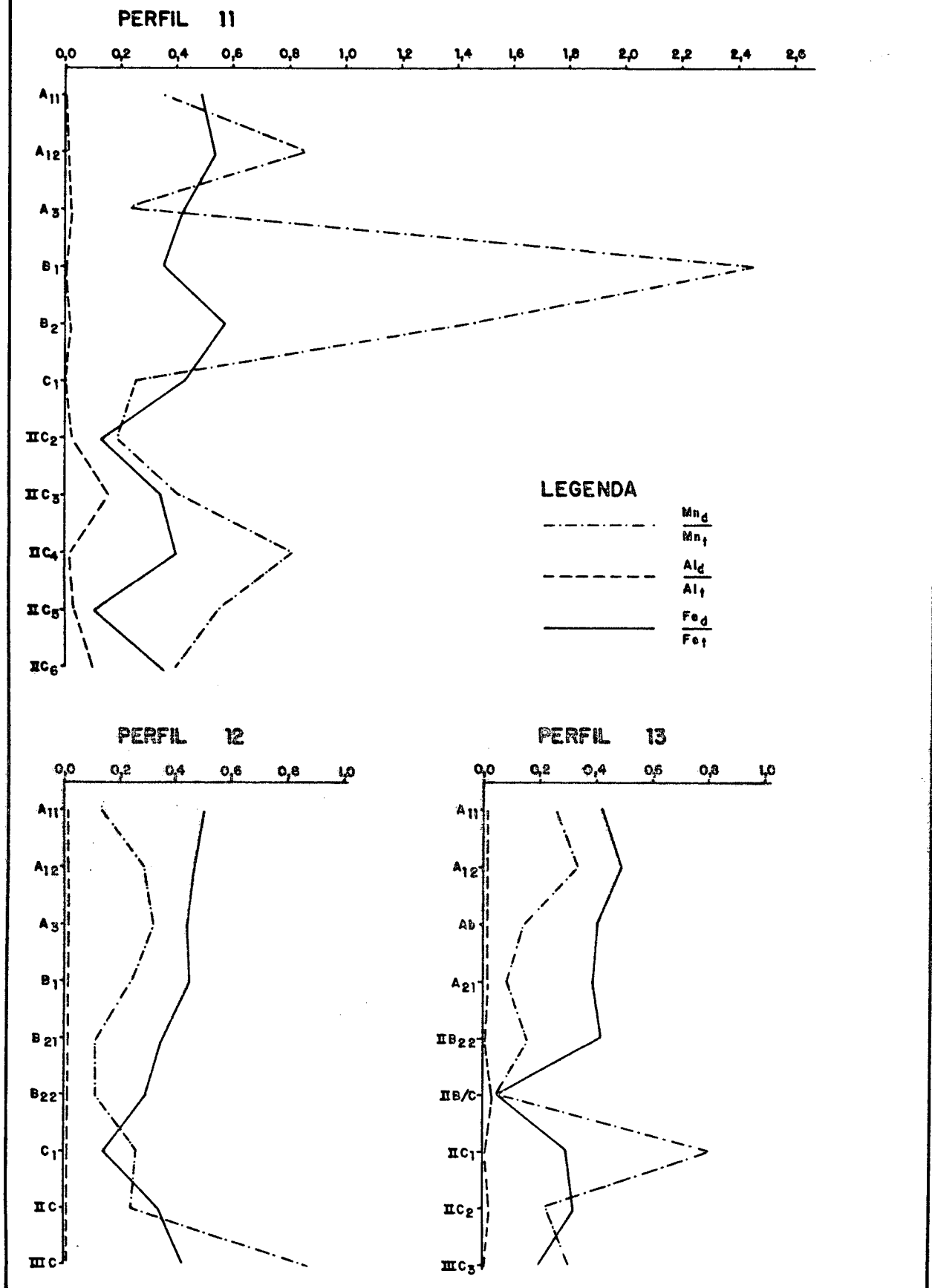


FIGURA 31. DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DOS QUOCIENTES  $Mn_d/Mn_t$ ,  $Al_d/Al_t$  e  $Fe_d/Fe_t$ . Perfis: P11, P12 e P13

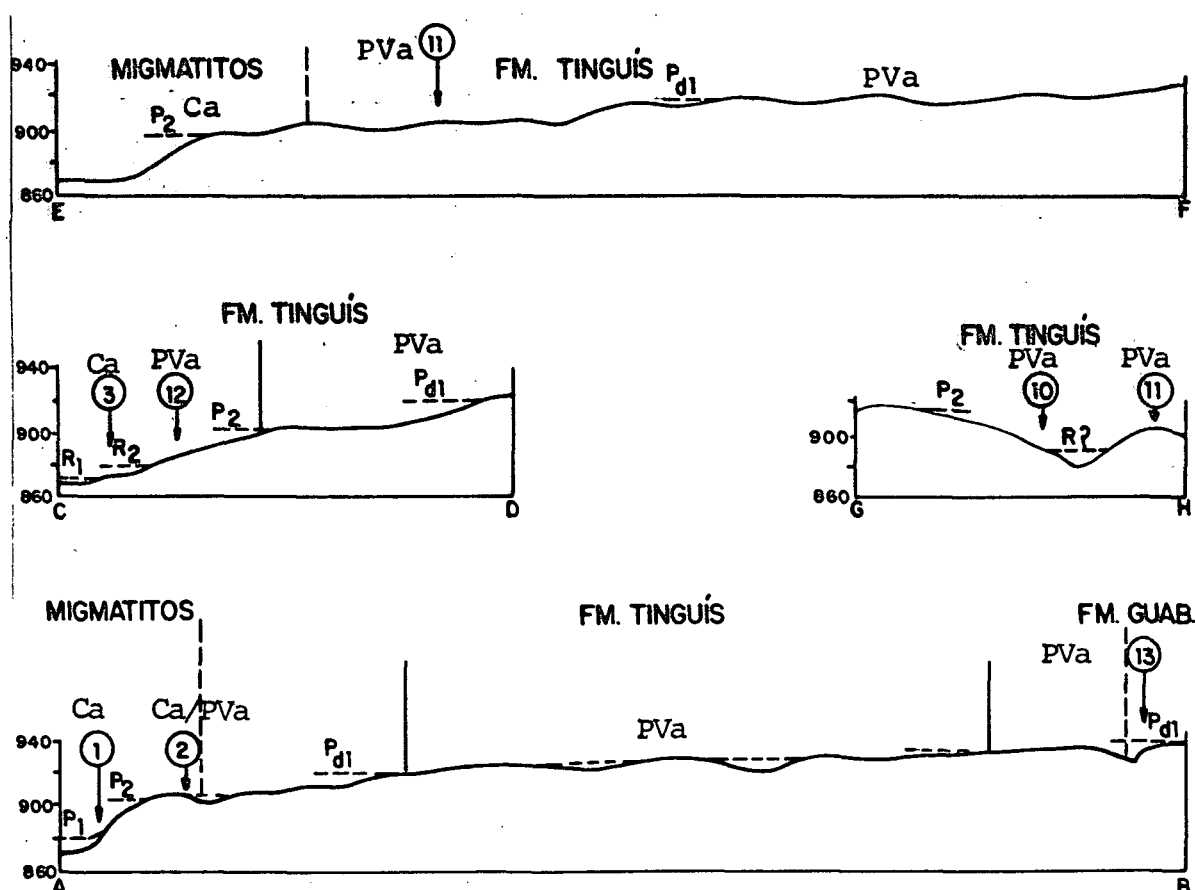


diferencia da ditonito/total por apresentar maiores evidências nas variações do Fe e Mn.

### 5.3 Relações entre solos e vertentes

Com a caracterização morfológica dos solos pesquisados, que permitiu a identificação dos perfis e a utilização de técnicas laboratoriais para análise pedológica e sedimentológica, foram obtidas informações importantes para a caracterização dos diferentes horizontes (unidades pedológicas) e ou camadas (unidades geomorfológicas), encontradas em cada perfil e relacioná-los.

FIGURA 32 - Relações espaciais entre superfícies geomórficas (Níveis), formações superficiais e solos.



A análise comparativa entre os perfis geomorfológicos (seções levantadas), (Figura 13), facilitou, por outro lado a compreensão da distribuição dos solos, bem como da sua correlação com superfícies geomorfológicas, materiais de origem e evolução das vertentes.

A presença de diferentes superfícies geomórficas, associadas a variações nas características do material geológico, apresentam-se como condicionadores da distribuição dos solos na área em estudo (Figura 32).

Os solos desenvolvidos em superfícies individualizadas Pd<sub>1</sub>, Pd<sub>2</sub>, P<sub>1</sub>, etc, morfologicamente distintos entre si. E os resultados sedimentológicos e pedológicos estão relacionados à processos de formação, idade e estabilidade de cada superfície, tipo de material de origem e as condições de dissecação da paisagem), o que é confirmado em resultados de trabalhos anteriores (BUTLER<sup>39</sup>, RUHE<sup>102-103</sup>, DANIELS et alii<sup>49-50</sup> e TRICART<sup>124</sup>).

As variações morfológicas identificadas em campo, puderam ser confirmadas através das análises físicas e químicas (Tabelas 7 e 8), além de serem definidas geomorfológicamente pela relação entre suas disposições espaciais nos setores das vertentes, identificados como diferentes níveis de degradação e/ou aggradação ocorridos no desenvolvimento destas unidades.

O nível mais elevado da área, relacionado à "Super-

fície de Curitiba", apresenta testemunhos sob forma de colinas de topo aplainado, mais ou menos alongado. Quando a superfície elevada não apresenta dissecação, esta é recoberta por formação superficial de espessura variável e textura argilosa, denominada de "Pedissedimentos" (ROCHA<sup>101</sup>) ou ainda Formação Tingüis (BECKER<sup>10</sup>), neste ocorrem os solos mais antigos latossolos e B-texturais descritos por SANTOS FILHO<sup>107</sup> e ROCHA<sup>101</sup>.

Na topografia atual muitas das colinas correlativas ao nível de dissecação do pediplano Pd<sub>1</sub> encontram-se em subsuperfície e, quando exumadas (erodidas), acham-se rodeadas pelos sedimentos retrabalhados da Formação Guabirotuba, denominados por BECKER<sup>10</sup>, de Formação Tingüis, unidade mais antiga. Esse material desaparece logo no início das vertentes, quando ocorre material de alteração de coloração Vermelho-Amarela relacionado a unidade mais recente da Formação Tingüis (BECKER<sup>10</sup>), que corresponde a períodos de agradação posteriores e produzidos através de corridas de lama, este último material é originário da maior parte dos solos envolvidos neste estudo (Cambicos e Podzólicos).

Entre as superfícies pediplanadas residuais mais preservadas na área (Pd<sub>1</sub>), encontra-se a Formação Tingüis (BECKER<sup>10</sup>). Nos níveis de pedimentação (P2 e P1) e nos baixos níveis de rampas (Rc<sub>2</sub>, Rc<sub>1</sub> e Rc) (Figura 1), e nas superfícies residuais dos curtos ciclos; (leques colúvio - aluviais) decorrentes das últimas oscilações quaternárias ,

responsáveis pela elaboração dos níveis mais baixos, rampas e terraços (Figura 16), ocorrem vários níveis intermediários originados por retomadas erosivas decorrentes das últimas sucessões climáticas, que produziram as superfícies rebaixadas e/ou dissecadas registradas na área (Figura 23).

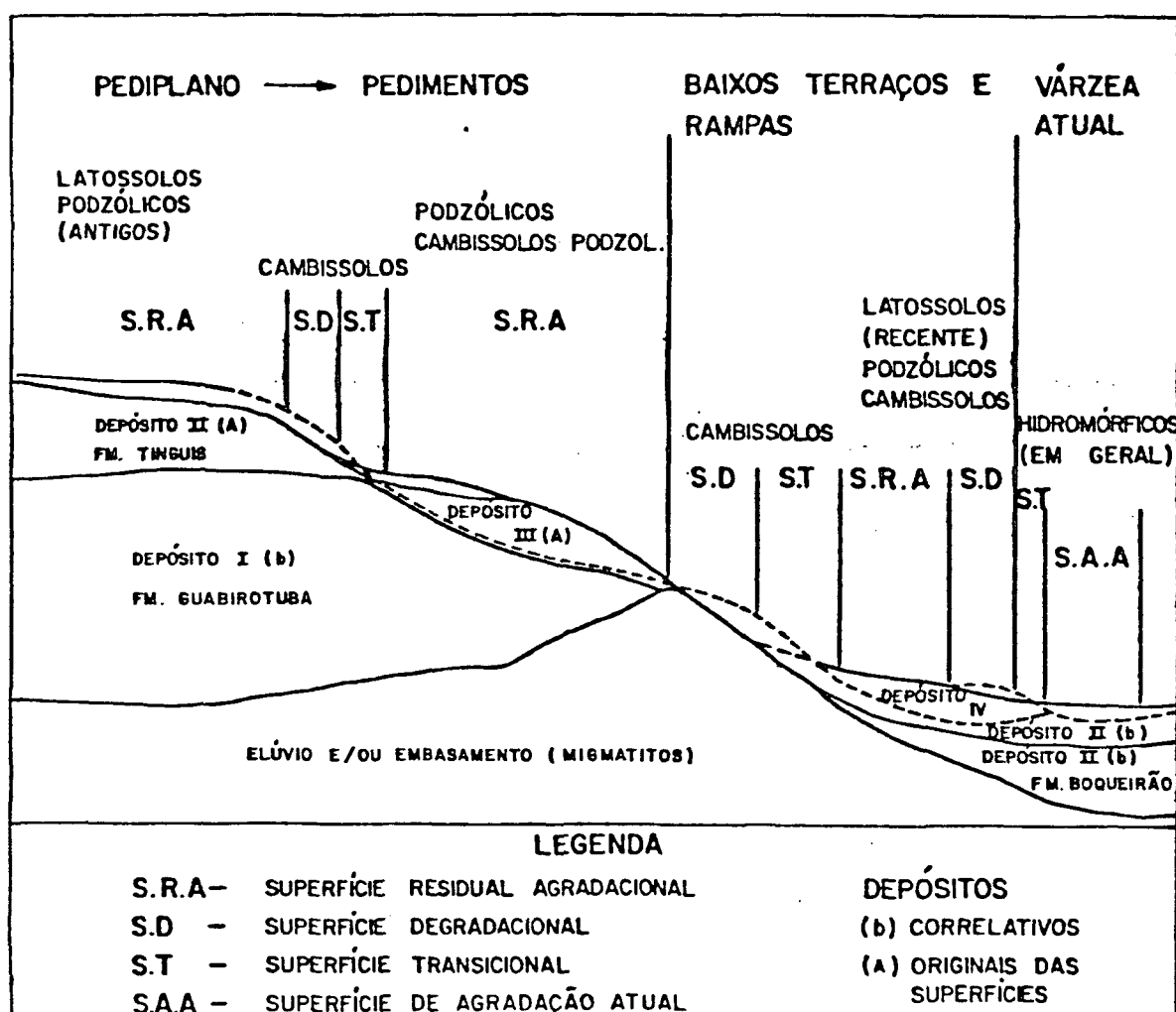
Apoiado no referencial teórico (Capítulo 2), nas análises sedimentológicas e principalmente através de trabalhos em campo e fotointerpretação, foi possível mapear, ainda que de forma preliminar, a distribuição espacial destas superfícies e de seus níveis intermediários ora discutidos (Figura 22). O número, de 12 superfícies geomorfológicas mapeadas a partir do pediplano Pd<sub>1</sub> supostamente do período pleistocênico, genericamente são coincidentes com aquelas registradas no Estado de São Paulo por PENTEADO<sup>96</sup>, especialmente no seu último estudo efetuado na bacia de Rio Claro-SP.

O modelado final de cada superfície pode envolver um ciclo morfoclimático completo. Estes ciclos nos locais em que o relevo permaneceu menos dissecado, podem ser caracterizados por 3 fases em cada ciclo, ou seja, a primeira partindo-se de uma superfície original qualquer, ocorre a meteorização do material e pedogênese, na segunda fase erosão, e finalmente na terceira fase recobrimento e início de um novo período de estabilidade.

As análises da literatura geral e local e a caracterização físico-químicas, das formações superficiais por mét

dos pedológicos, geomorfológicos e sedimentológicos, permitiram ainda, elaborar um diagrama esquemático da seqüência plio-pleistocênica e holocênica da área pesquisada e proximidades (Figura 33).

FIGURA 33 - Relação entre: Solos - Superfícies geomorfológicas depósitos sedimentares / na área estudada.



As superfícies agradacionais mais elevadas e antigas são as mais estáveis na área e representam resíduos dos antigos aplainamentos. O caráter areno-argiloso do material de origem e a estabilidade das superfícies deposicionais dos interflúvios, de cotas mais elevadas, permitem drenagem interna livre, favorecendo o desenvolvimento de solos espessos, bem drenados, com B latossólico ou B textural. Fato também confirmado pelos perfis localizados nestas superfícies descritas por SANTOS FILHO<sup>107</sup> e ROCHA<sup>101</sup>.

As superfícies degradacionais (Figura 33), podem ser relacionadas com a encosta definida por RUHE<sup>103</sup> e a superfície erosional de DANIELS et alii<sup>50</sup>. Estas superfícies são comuns e importantes na região, e estão distribuídas em função de fatores locais, níveis de base, etc., expondo diferentes litologias. Estas superfícies degradacionais, em geral, são mais jovens (menos intemperizadas) que as superfícies agradacionais dissecadas, e mais velhas (maior grau meteorização) que as superfícies deposicionais que originaram, conforme ilustrado na figura 33.

As variações das características morfológicas entre os solos destas superfícies de erosão e/ou sedimentação, podem estar freqüentemente mais relacionadas à sua situação na topografia e condições de drenagem, que às variações na litologia. Duas classes de solo foram identificadas localmente sobre as superfícies estudadas, os Podzó-

licos e os Cambissolos.

Entre os perfis estudados é freqüente a ocorrência de materiais originários dos solos atuais, apresentarem-se sobrepostos a "linha de seixos" ou a horizonte com maior concentração de areia grossa (Anexo 3 e tabela 4). Confirmando-se que camadas de material mais grosseiro recobrem horizontes antigos exumados no passado geológico, por eventos erosivos. Esta deposição frequentemente em camada de seixos, deve estar relacionada à oscilação climática para mais seco, segundo BIGARELLA & AB'SABER<sup>18</sup>, ao que PENTEADO<sup>97</sup>, acrescenta: "A posição do paleopavimento ("linha dos seixos") em relação aos colúvios e solos atuais é uma indicação bastante satisfatória da última oscilação seco pré-atual generalizada em todo o Brasil Tropical e Sub Tropical". Ainda quanto a origem e idade destes materiais detríticos são citados por PENTEADO<sup>97</sup> resultados de pesquisas que confirmam para achados arqueológicos (objetos manufaturados junto a esta linha de seixos), uma idade aproximada entre "4500 a 7000 anos", onde os objetos encontrados são relacionados a uma "cultura característica de ambientes de savana ou de clima mais seco". Estas "linhas de seixos" foram identificadas em locais próximos a área de pesquisa por COSTA LIMA<sup>44</sup> estudando solos Rubronzem na região de Curitiba e também foram encontradas por ROCHA<sup>101</sup> e BECKER<sup>10</sup> em Umbará.

A distribuição espacial dos solos em diferentes superfícies geomórficas ao longo das vertentes estudadas, apresenta a situação descrita a seguir:

Os solos pertencentes à classe Podzólicos ocorrem em duas situações geomorfológicas distintas: os perfis P11 e P13, supostamente mais antigos, estão situados nos divisores de vertentes, sobre superfícies remanescentes de pedimentos mais antigos, com forma convexa quase plana. Sendo que o perfil P11 localiza-se no eixo longitudinal de uma superfície relacionada ao nível denominado de  $P_2$  por BIGARELLA et alii <sup>30</sup>. Já no caso do perfil P13, este fica próximo a borda de uma superfície pedimentar mais elevada relacionada ao nível  $Pd_1$  (Pediaplano, BIGARELLA et alii <sup>30</sup>). Em posição oposta a localização dos dois primeiros perfis na mesma bacia hidrográfica, onde as vertentes apresentam, inclinação suave (aproximadamente 6%), na base das mesmas, em rampas ( $R_c$  - BIGARELLA et alii <sup>30</sup>), situam-se os perfis P10 e P12 (ambos da classe Podzólico).

Como características gerais os solos (Podzólicos) na área pesquisada, apresentaram; textura argilosa, horizonte A moderado a proeminente, coloração vermelho-amarela, argila atividade baixa, caracter Álico e espessura do "solum" entre 100 cm e 182 cm.

Os Cambissolos, distribuem-se sobre materiais sedimentados em épocas relativamente mais recentes são

encontrados, também em superfícies geomorfológicas bastante diferenciadas. O perfil P<sub>2</sub> situa-se na porção convexa da vertente, próximo ao topo, em nível pedimentar relativo ao P<sub>2</sub>, segundo nomenclatura de BIGARELLA et alii<sup>30</sup>. Em superfície relacionada ao nível P<sub>1</sub>, aproximadamente no 1/4 inferior da vertente próximo à uma ruptura de declive, abaixo da qual a inclinação fica em torno de 45% foi coletado o perfil P<sub>1</sub>. Sobre uma rampa (R<sub>c</sub>) em nível baixo, próximo ao fundo de vale, desenvolvido sobre superfície identificada como, leque colúvio-aluvial, que apresenta indícios de suave rebaixamento, localiza-se o perfil P<sub>3</sub>.

Estes Cambissolos identificados na área apresentaram como características gerais: textura argilosa, horizonte A moderado, argila atividade baixa a alta, característico e tem espessuras do "solum" oscilando entre 120 a 185 cm.

As características morfológicas de identificação dos solos e respectivos horizontes, assim como sua descrição mais detalhada encontram-se no Anexo 4.

As principais características físico-químicas morfológicas e sedimentológicas apresentadas pelos diferentes solos estudados, permitem estabelecer algumas relações indicativas entre a evolução das vertentes, especialmente no quaternário recente, com propriedades genéticas dos solos (Tabela 9 e Fig. 35).

TABELA 9 - Relação superfícies geomórficas e solos: Características gerais do horizonte B nos diferentes solos.

Superfície	Perfil e classe de solo	Horizonte	Argila %	Relações		CTC m.e*	S	V %	Al (m.e)	Relações						
				S/A	AG/AF					Mn (o/d)	Al (o/d)	Fe (o/d)	Mn (d/t)	Al (d/t)	Fe (d/t)	
Rampas (R <sub>c</sub> )	Rc <sub>1</sub>	P3 - Câmbico	II(B <sub>2</sub> )	50	0,4	4,1	21,2	0,8	6,9	3,6	0,50	0,30	0,04	0,90	0,06	0,
	Rc <sub>2</sub>	P12- B.Textural	B <sub>22</sub>	60	0,1	1,6	4,3	0,6	18,1	0,0	0,30	6,40	0,05	0,10	0,00	0,
	Rc <sub>3</sub>	P10- B.Textural	B <sub>21</sub>	54	0,3	1,0	18,8	0,8	10,2	2,4	0,80	8,40	0,06	0,50	0,01	0,5
Pedimentos recentes P1 e P2)	P <sub>1</sub>	P1 - Câmbico	II B <sub>1</sub>	44	0,4	2,5	26,2	1,8	13,3	4,5	0,57	0,40	0,06	0,90	0,04	0,4
	P2	P2 - Camb./Podz.	II(B) <sub>21</sub>	54	0,3	1,6	15,4	1,1	12,3	2,7	0,30	0,50	0,02	1,00	0,03	0,6
Pedimentos Antigos (Pd <sub>1</sub> )	Pd <sub>1</sub>	P11- B.Textural	B <sub>2</sub>	58	0,2	1,0	7,9	2,3	32,3	1,8	0,10	3,20	0,17	1,50	0,01	0,6
	Pd <sub>1</sub>	P13- B.Textural	IIB <sub>22</sub>	40	0,3	1,4	17,2	0,8	10,4	2,1	0,10	4,80	0,02	0,10	0,00	0,4

S/A : Silte/Argila

AG/AF: Areia Grossa/Areia Fina

o/d : oxalato /ditionito

d/t : ditionito/total

m.e\* : 100g/argila

m.e : 100g/solo

Obs.: Os resultados referem-se aos horizontes "B" com maior teor em argila.

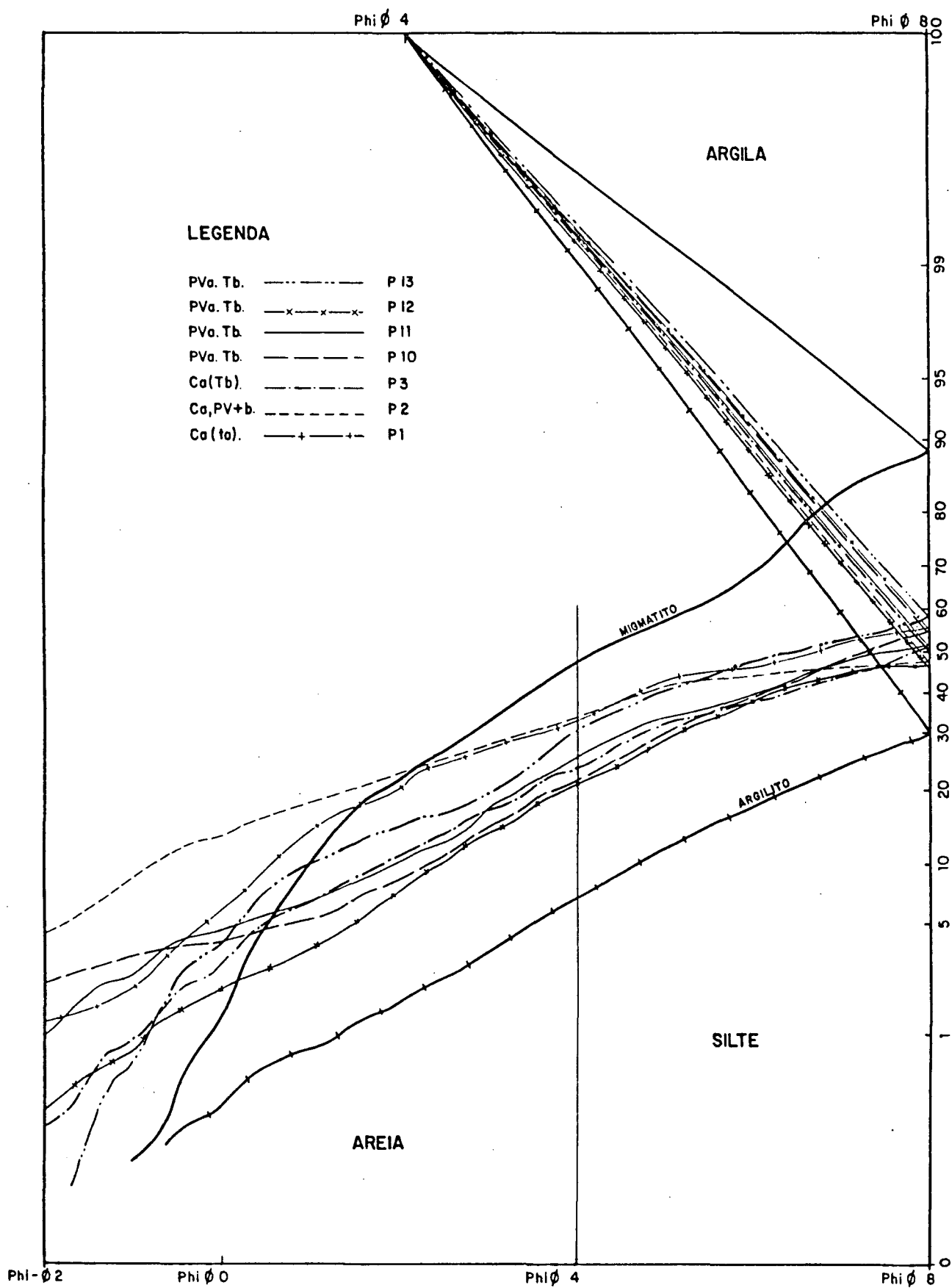
Porém dada a complexidade das unidades geomorfológicas envolvidas e conseqüentemente dos perfis de solo, os resultados deve ser considerados com limitações o que impossibilita estabelecer relações cronoestratigráficas mais precisas para os materiais de origem e vertentes, assim como demonstrar diferenciações genéticas seguras entre os solos.

O gráfico de frequência granulométrica acumulada (Figura 34) indica que, todos os solos estudados independentemente da posição topográfica que ocupam nas vertentes, são derivados de materiais similares, e que na classificação de curvas granulométricas proposto por BIGARELLA et alii<sup>30</sup> e que se enquandram como colúvio, e cuja coloração vermelha amarelada, os inclui como derivados da Formação Tingüis definida por BECKER<sup>10</sup>.

Quanto aos resultados físico-químicos, apresentados na tabela 9, estes apresentam de modo geral pequenas variações entre os perfis, no entanto algumas destas diferenças mostraram ser significativas para indicar algumas relações da distribuição dos solos das vertentes.

Em linhas gerais verifica-se que nos solos localizados em rampas (baixas), perfis P3, P10 e P12, o valor "S" apresenta teores mais baixos em relação aos podzólicos (P10 e P12). Foram identificados, na relação  $Al_o/Al_d$ , os maiores valores para os perfis P12 e P10 indicando menor grau de cristalização deste elemento. O perfil P12 destaca-se entre os solos desta unidade geomorfológica e entre os demais solos

FIGURA 34 - Gráfico de frequência granulométrica acumulada, horizontes "B" dos solos estudados.



desta unidade geomorfológica e entre os demais solos como sendo o de maior grau de intemperismo, tendo-se como referência a CTC e as relações silte/argila com índices mais baixos, parâmetros estes que tem sido referenciados em inúmeros trabalhos, entre os quais a nível regional destacam-se: SANTOS FILHO<sup>107</sup> COSTA LIMA<sup>45-46</sup> e ROCHA<sup>101</sup> entre outros.

Com base neste resultado, é possível estabelecerem função do grau de intemperismo, a seguinte seqüência cronológica para os solos das rampas: P12 o mais antigo, P10 o intermediário e P3 o mais recente. Observa-se que nas unidades sedimentares superficiais que recobrem as respectivas rampas onde situam-se os solos citados, ocorre uma perfeita equivalência estratigráfica entre estes setores das vertentes e os solos. A discordância apresentada entre os parâmetros mencionados e os quocientes da relação  $Fe_d/Fe_t$  também utilizada para indicar o grau de intemperismo, pode estar relacionada a origem do material em que os solos se desenvolveram, depósitos estes relacionados a colúvios transportados de superfícies mais antigas.

Os solos da classe Câmbico localizados em relevo mais ondulado, sob maior influência dos migmatitos, localizados em superfícies pedimentares mais recentes e relativamente dissecadas apresentaram pequenas variações entre as suas características químicas gerais, no entanto, ocorrem variações morfológicas em que o perfil P2, localizado em superfície mais antiga apresenta horizonte B textural e uma CTC mais baixa, o valor  $S$  indicando maior grau de desenvol

vimento onde o quociente  $Fe_d/Fe_t$  ligeiramente mais elevado confere ao perfil ( $P_2$ ) um maior grau de intemperismo.

Nestes solos localizados sobre migmatitos observa-se ainda menores quantidades de Al com menor cristalinidade, em torno de 50% mais baixa que as encontradas nos solos da mesma classe em rampas mais baixas. Entre os solos localizados em posições distintas o primeiro, P11 em uma superfície agradacional antiga relativamente preservada e o segundo, P13 em um subnível da mesma superfície em posição topográfica mais elevada, porém, mais dissecada, existem variações significativas nos indicadores do grau de intemperismo. Assim sendo, o primeiro (P11) apresenta CTC = 7,9, relações silte/argila = 0,2 e Areia Grossa/Areia Fina = 1,0, e o segundo (P13) CTC = 17,2 e nas relações respectivamente 0,3 e 1,4. Onde o perfil (P11) com valores mais baixos tem indícios de maior grau de intemperismo em relação ao P13, na relação  $Fe_d/Fe_t$  os solos apresentaram resultados ligeiramente diferentes ou seja: 0,60 para o primeiro e 0,40 para o segundo.

## 6. CONCLUSÕES

Os processos de agradação e degradação, ocorridos em inúmeros ciclos sobre a Bacia de Curitiba, conferiram à área uma paisagem morfológicamente complexa, a qual se deve associar a diversidade de materiais originários de diferentes litologias, para explicar a ocorrência dos solos sob forma de diferentes toposseqüências na área. O que sugere, que estudos mais detalhados das relações solo-superfícies geomórficas, e materiais de origem, são básicos na interpretação das características genéticas e distribuição dos solos, e conseqüentemente podem fornecer melhores subsídios para fins de classificação, mapeamento e recomendação de uso dos mesmos.

De modo genérico pelo exposto, a evolução da paisagem seguramente é produto da ação de determinados processos relativamente definidos, o entendimento desses processos é essencial para interpretar a geomorfologia da região, bem como para estudar a distribuição dos seus produtos erosão e/ou sedimentação e dos solos ou ainda, para identificar as fases de meteorização das rochas e da pedogênese dos materiais originários dos solos atuais.

Mesmo nas superfícies que se tornaram geodinamicamente estáveis desde o início do Holoceno o modelado é poligênico e formado por heranças, eventualmente, estas foram truncadas por pequenos distúrbios onde a dinâmica atuou mais recentemente, ou ainda atua hoje.

Nas superfícies remanescentes dos níveis mais recentes de pedimentação, os solos são geralmente menos espessos, e

muitas vezes onde a dissecação linear, (decorrente do aprofundamento dos vales), foi muito acentuada, as superfícies estão recobertas com materiais testemunhos de processos de morfogênese mais recentes, como é o caso das "linhas de seixos" e dos colúvios Vermelho-amarelos, (P1/Ca-Ta) depósitos sedimentares após a elaboração do pedimento.

Nas superfícies agradacionais (mais antigas), de cotas mais elevadas, remanescentes do pediplano Pd<sub>1</sub>, compostas pelos depósitos de materiais retrabalhados e rebaixados da superfície original, e que eventualmente apresentam exposição da Formação Guabirotuba, a agradação posterior com materiais colúvio-aluviais, derivados da Formação Guabirotuba identificados como "pedissedimentos" ou Formação Tingüis, mesclados com elúvios de migmatitos, relacionam-se com os solos antigos e de maior desenvolvimento e/ou complexidade. (P11 e P13).

Nas superfícies agradacionais residuais mais preservadas, mesmo sendo de épocas diferentes, devido as suas características geomorfológicas, e as condições de morfogenese a que foram submetidas, os solos apresentam menor variação lateral de suas características físico-químicas. Nos setores baixos das vertentes ao contrário, estas variações laterais são frequentes. Nestas rampas a posição e características de pedogênese são muito diversas, a exemplo, do que ocorre entre os perfis P3 (Ca-Tb) e perfil P12 (PVa-Tb), que apesar de estarem em mesmo nível topográfico, ou seja mesma superfície, relacionada ao nível Rc (rampas), apresentam unidades distintas quanto a origem e grau de desenvolvimento.

As áreas planas e baixas (rampas e leques) são constituídas por materiais aluviais e colúvio-aluviais relacionados a ciclos de erosão e sedimentação mais recentes. Os solos nestas apresentam-se bem desenvolvidos, quando, são originários de depósitos correlativos a erosão dos níveis mais antigos (áreas fontes), de onde os solos foram transferidos por colúviação e sofreram apenas um certo grau de rejuvenescimento, mesclados com o elúvio ou horizonte C da vertente solifluída, neste caso enquadra-se o perfil P12 (PVa-Tb).

Quando materiais originários das rampas sofreram processos mais intensos de rejuvenescimento, encontram-se sobre os mesmos, solos menos intemperizados, mesmo em condições favoráveis para a pedogênese, o que leva a concluir que depósitos encontrados nestas porções das vertentes são testemunhos de processos morfogenéticos bastante recentes, o que pode ser observado no perfil - P10 (PVa-Tb).

As unidades colúvio-aluvionares Vermelho-amarelas elevadas ( $Pd_1$ ), quando relacionadas aos demais resultados analíticos, confirmam a juventude deste material, e/ou pelo menos caracterizam as condições de rejuvenescimento dos materiais de origem dos solos das áreas, onde as vertentes foram reafeiçoadas por ciclos posteriores mais curtos, a este fato pode ser relacionado a pequena diferenciação entre as classes dos solos estudados.

Para uma melhor compreensão de processos que geraram as deposições dos materiais de origem dos solos estudados e da própria gênese destes solos, seria necessário proceder determinações dos minerais de argila, através de análise ter-

mica diferencial e da difração de Raio X, assim como diversificar as análises sedimentológicas. Deste modo os resultados morfológicos e analíticos, com tais informações certamente possibilitariam um maior detalhamento na determinação das relações morfogênese e pedogênese, ocorridos nos últimos períodos geológicos.

Entretanto, cabe salientar que os resultados das extrações químicas, análises granulométricas, os quocientes obtidos nas relações granulométricas e das extrações do Fe, Al e Mn (oxalato, ditionito e total), assim como os parâmetros granulométricos utilizados nas análises sedimentológicas, propostos para esta pesquisa serviram com relativa eficiência para indicar algumas relações do grau de intemperismo do solo, superfícies geomorfológicas e material de origem, bem como identificar discontinuidades litológicas. O que demonstra as suas aplicabilidades na caracterização de unidades pedo-geomorfológicas.

## SUMMARY

The main purposes of the present master dissertation are devoted to relate the characteristics and the evolution of some soils, situated in the localities, Umbarã and Umba-razinho (Curitiba State of Paraná, Brazil) with slope evolution, geomorphologic surfaces and the source material in a tentative to become easy and improve soil surveys, further detailed and to guide the utilization just as comprehend the local and regional geomorphology connected with the actual environmental dynamics and mainly the past geologic. It is a tentative to integrate the pedologic, geomorphologic and sedimentologic features related to the Cenozoic formations from the research area. The studies performed in office, laboratory and in the field allowed new approaches and interpretations concerning the relationship between the soil morphology and the erosive and sedimentary problems. The morphology of the terrain comprises erosive and sedimentary levels. These features were surveyed concerning the origin of the slopes forms and the role they played in the development of the pedo-stratigraphic sequence. The sedimentological analysis characterized the sedimentary types. The integration of the available data allowed the establishment of the correlations between the pedologic and geomorphologic features. The alternation of the climatic conditions were represented by semiaridity and humidity episodes. These episodes were responsible for the development of the succession of topographic forms for the deposition of several sedimentary sequences represented in the research area by the "Guabirotuba" and "Tingüis" formations, and as well by the deposition of the aluvial flat deposits and the colluvium-alluvium ramps. The climatic alternatives semi-arid and humid caused changes in the hydrodynamic and morphodynamic processes which originated respectively, the lateral degradation and vertical dissection of the terrain which were responsible by the slope morphology in the origin, genesis and distribution of the soils. In the studied area is registered the occurrence, on surfaces rejuvenated of pediplain, pediments and other recent topographic levels by erosion/sedimentation, of recent soils with B-textural horizons and most of the cambisols, and the occurrence of intensively weathered latosols and B-textural soils on the remnants of preserved pediment (P2 terminology - BIGARELLA *et alii* <sup>22</sup>, and pediplain (Pd<sub>1</sub>; terminology BIGARELLA *et alii* <sup>22</sup> . In the area were investigated the relationships between distribution of different soil groups and the geomorphological units, slopes, mainly, pediplains, pediments and ramps. It were selected in the research area soil profiles classified in accordance with

guidelines of the "Sistema Brasileiro de Classificação de Solos" in where were identified 2 groups of soils; Cambisols and "Podzólicos". The sample were collected and analysed for their granulometrical and chemical properties. The methods used in laboratories analysis of materials were: total contente (HF/HClO<sub>4</sub>); pedogenic oxide (Fe, Al, Mn) extraction using dithionit-citrate, ammonium-oxalate, and sodium pyrophosphate; exchangrable cations (Ca, Mg and Al with KCl and H + Al with calcium-acetate). The granulometric analysis were restrict to particle size distributions by meam of two methods, the sedimentologic in accordance with the proceedings of FOLK & WARD<sup>6/</sup>(1957) and the usual in soils in which the clay is determineted with the pippette method, sand with wet sieving - and the selt by differrent. The integration of these analisys and field survey proved the relations between slope development and soil evolution in the sdudied area. The results exposed in this research can be improved with complementaires laboratories analyses as chemical-physical of heavy minerals, and clay minerals (X ray defraction and differential thermoanalysis) and others sedimentologics properties. However it was possible to evidence and to distinguish the geomorphological surfaces and the respective soils in the regional landscape. The proceeding representative in the present contribution can be usefull as a reference in studies of the characteristics and soils distribution.

ANEXO 1

NOMENCLATURA E TAMANHOS DE GRÃOS DE ACORDO COM A CLASSIFI-  
CAÇÃO DE WENTWORTH E CORRESPONDÊNCIA COM OS VALORES  $\phi$  (phi)  
DE KRUMBEIN

Subdivisão e nomenclatura dos tamanhos de grão de acordo com a classificação de Wentworth. Correspondência com os valores  $\phi$  de Krumbein.

Intervalo de classe em mm	Terminologia	mm	$\phi$
128 - 256 64 - 128	BLOCO	128 64	-7 -6
32 - 64 16 - 32 8,0 - 16 6,3 - 8,0 4,0 - 5,0	SEIXO	32 16 8 4	-5 -4 -3 -2
3,15 - 4,0 2,5 - 3,15 2,00 - 2,5	GRÂNULO	2	-1
1,41 - 2,00 1,00 - 1,41	AREIA MUITO GROSSA	1	0
0,71 - 1,00 0,50 - 0,71	AREIA GROSSA	0,5	1
0,35 - 0,50 0,25 - 0,35	AREIA MÉDIA	0,25	2
0,177 - 0,25 0,125 - 0,177	AREIA FINA	0,125	3
0,088 - 0,125 0,062 - 0,088	AREIA MUITO FINA	0,062	4
0,031 - 0,062 0,016 - 0,031 0,008 - 0,016 0,004 - 0,008	SILTE GROSSO SILTE MÉDIO SILTE FINO SILTE MUITO FINO	0,004	8
< 0,004	ARGILA		

ANEXO 2

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

## ANEXO 2

## Parâmetros estatísticos

$\sigma_I$  - Desvio Padrão

Grau de relação FOLK & WARD<sup>6 1</sup>

- > 0,35 muito bem selecionado
- 0,35 - 0,50 = bem selecionado
- 0,50 - 1,00 = moderadamente selecionado
- 1,00 - 2,00 = pobremente selecionado
- 2,00 - 4,00 = muito pobremente selecionado
- < 4,00 = extremamente mal selecionado

$SK_I$  - Grau de Assimetria

- 1,00 e -0,30 = muito negativa
- 0,30 e -0,10 = negativa
- 0,10 e +0,10  $\cong$  simétrica
- +0,10 e +0,30 = positiva
- +0,30 e 1,00 = muito positiva

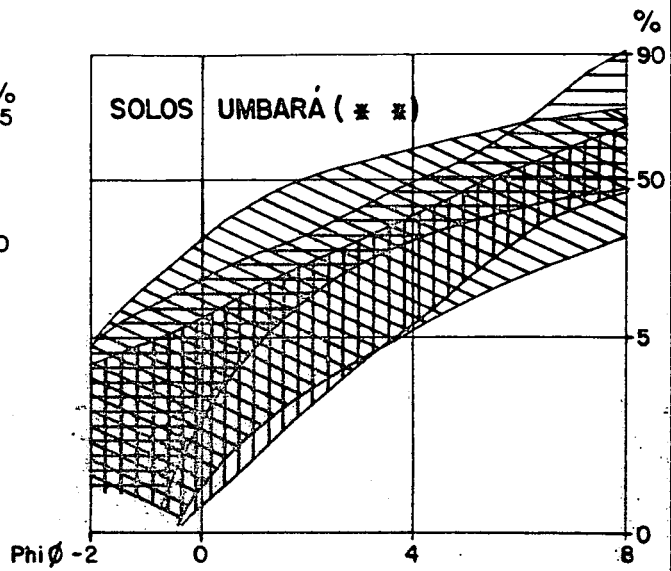
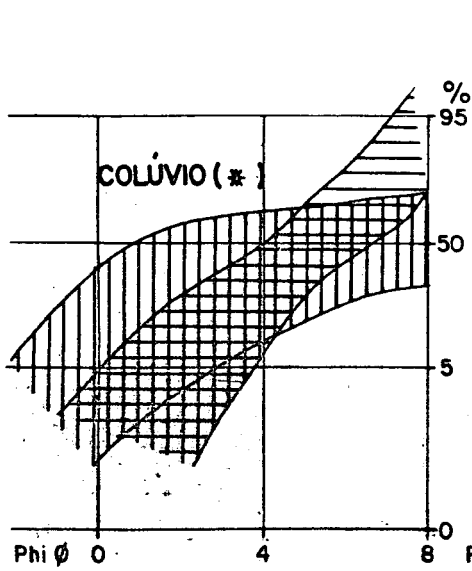
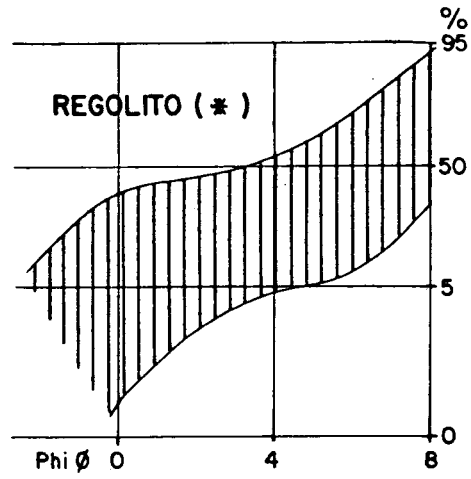
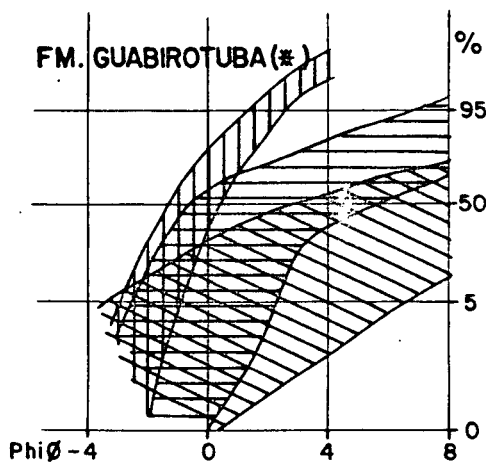
$K_G$  - Curtose

Classificação das curvas de curtose FOLK & WARD<sup>6 1</sup>

- > 0,67 = muito platicúrtica
- 0,67 - 0,90 = platicúrtica
- 0,90 - 1,11 = mesocúrtica
- 1,11 - 1,50 = leptocúrtica
- 1,50 - 3,00 = muito leptocúrtica
- < - 3,00 = extremamente leptocúrtica

ANEXO 3

CLASSIFICAÇÃO DAS CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA



(\*) BIGARELLA ET ALII (1965)

(\*\*\*) BASEADO NAS CURVAS DE FREQUÊNCIA ACUMULADA: 18,19 E 20

ANEXO 4

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DOS SOLOS

**ANEXO 4 - Descrição morfológica dos solos**

**Perfil:- 01** (Pl = Ca - Ta)

**Classificação:** Cambissolo Ta, Álico A moderado textura argilosa fase floresta subtropical relevo ondulado substrato migmatito.

**Localização:** Curitiba, Umbará

**Situação:** Trincheira situada na porção inferior de vertente, declive em torno de 40% sob cobertura arbustiva (ca<sub>u</sub>poeira).

**Altitude:** 880 metros a.n.m.

**Litologia:** Migmatitos

**Formação Geológica Superficial:** Formação Tingüis

**Período:** Pleistoceno

**Material originário:** Produtos retrabalhados da Formação Guabirotuba mesclados com material meteorizado dos migmatitos, em forma de colúvio.

**Pedregosidade:** Não pedregoso.

**Rochosidade:** Não rochoso.

**Relevo local:** Ondulado com colinas de topos arredondados, ver tentes convexas- côncavas vales com fundo amplo concavos e de fundo chato e em "V" nas porções mais inclinadas, vertentes com extensão aproximada de 400 metros ou menos.

**Relevo regional:** Suavemente ondulado a ondulado.

**Erosão:** Laminar

**Drenagem:** Bem drenado

**Vegetação primária:** Floresta subtropical subcaducifólia.

**Uso atual :** Reflorestamento e pequenas áreas com culturas de milho e batata, além de ocorrência de parcelas em pousio com capoeira.

**Clima :** Cfb critério segundo KÖPPEN

**Descrição morfológica:**

**A<sub>11</sub>** 0 - 5cm, Vermelho-amarelo (5YR 4/6 úmido), argila, moderada, pequena em blocos subangulares, plástico, ligeiramente pegajoso.

- A<sub>12</sub>** 5 - 40cm, Vermelho-amarelo (5YR 4/6 úmido), franco argiloso, moderada, média em blocos subangulares/angulares, plástico, ligeiramente pegajoso.
- IIB<sub>1</sub>** 40 - 67cm, Vermelho (2,5YR 5/6, úmido), argila, com Calhaus, moderada, média em blocos subangulares/angulares, plástico, pegajoso.
- II(B)<sub>1</sub>** 67 - 81cm, Mosqueado comum grande, proeminente com posto de Vermelho (2,5YR 4/8, úmido) e Amarelo-avermelhado (7,5YR 6/8, úmido), franco-argiloso, forte/moderada, grande em blocos subangulares, plástico, pegajoso.
- II(B)<sub>2</sub>** 81 - 113cm, Vermelho (2,5YR 5/8, úmido), franco-argiloso moderada, grande em blocos subangulares.

**Observações:**

Após os 113cm, último horizonte de solo encontra-se uma linha de cascalho com calhaus separando o solo do elúvio de migmatito alterado, esta inconformidade erosiva apresenta uma linha bastante irregular.

Entre os horizontes A e B existe igualmente distinta separação de materiais dos quais a unidade superior tem características de colúvio e na porção inferior foram identificados materiais colúvio-aluviais (vide Fig. 16).

**Perfil:-** 2 (P2 = Ca/PV-Tb)

**Classificação:** Cambissolo podzólico Tb Álico, A moderado textura argilosa fase floresta subtropical relevo ondulado substrato migmatito.

**Localização:** Curitiba, Umbarã.

**Situação:** Trincheira, situada no interflúvio em pequena colina, declive aproximado de 6% sob cobertura arbustiva (capoeira).

**Altitude:** 900 metros a.n.m.

**Litologia:** Migmatitos

**Formação Geológica Superficial:** Formação Tingüis.

**Período :** Pleistoceno

**Material originário:** Produtos retrabalhados da Formação Guabirotuba, mesclados com material meteorizado dos migmatitos em forma de colúvio.

**Pedregosidade:** Não pedregoso,

**Rochosidade:** Não rochoso

**Relevo local:** Ondulado com colinas de topos arredondados, vertentes convexas-côncavas, vales de fundo amplo, concavos e de fundo chato, nas porções mais inclinadas vales em "V" abertos, vertentes com extensões aproximadas de 400 metros.

**Relevo Regional:** Suavemente ondulado a ondulado.

**Erosão:** Não apresenta

**Drenagem:** Bem drenado

**Vegetação primária:** Floresta subtropical, subcaducifólia.

**Uso atual:** Reflorestamento e pequenas áreas com culturas de milho e batata, além da ocorrência de parcelas com capoeira.

**Clima:** Cfb critério segundo KÖPPEN

**Descrição Morfológica:**

**A<sub>11</sub>** 0 - 9cm, Bruno avermelhado escuro (5YR 3/3, úmido), argila, fraca, muito pequena granular, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

- A<sub>12</sub>** 09 - 32cm, Bruno avermelhado escuro (5YR 3/3, úmido), argila, moderada, média em blocos subangulares, ligeiramente plástico e pegajoso.
- A<sub>3</sub>** 32 - 54cm, Vermelho amarelo (5 YR 4/6, úmido), argila, moderada, média em blocos subangulares, ligeiramente plástico e pegajoso.
- B<sub>1</sub>** 54 - 74,5cm, Vermelho amarelo (5YR 4/6, úmido), argila, moderada, média em blocos subangulares, plástico, pegajoso.
- IIB<sub>21</sub>** 74,5 - 94cm, Vermelho (2,5YR 4/8, úmido), argila, moderada/forte, grande, em blocos subangulares, com cerosidade de fraca e pouca, plástico, pegajoso.
- IIB<sub>22</sub>** 94 - 118cm, Vermelho (2,5 YR 4/6, úmido), argila, moderada/forte, grande em blocos subangulares, com cerosidade fraca e pouca, plástico, pegajoso.
- IIB<sub>3</sub>** 118 - 171cm, Vermelho (2,5YR 4/8, úmido), argila, moderada, média, blocos subangulares, plástico, pegajoso.
- IIIC<sub>1</sub>** 171 - 198cm, Vermelho (2,5YR 4/8 úmido), franco argiloso, moderada, média, blocos subangulares, ligeiramente plástico, pegajoso.

**Perfil:-** 03 (P3 = Ca - Tb).

**Classificação:** Cambissolo Tb Álico, A moderado textura argilosa fase floresta subtropical relevo suave-ondulado, substrato migmatito + Formação Tingüís.

**Localização:** Curitiba, Umbará

**Situação:** Trincheira, situada em sopé de vertente, suavemente inclinada, rampa com declive aproximado de 6%, sob cobertura arbustiva (capoeira).

**Altitude:** 873 metros a.n.m.

**Litologia:** Migmatitos

**Formação Geológica Superficial:** Formação Tingüís

**Período :** Pleistoceno

**Material originário:** Produtos retrabalhados da Formação Guabirotuba, mesclados com material meteorizado dos migmatitos, em depósito tipo colúvio-alúvio.

**Pedregosidade:** Não pedregoso.

**Rochosidade:** Não rochoso.

**Relevo local:** Suavemente ondulado a ondulado, com colinas de topos arredondados, vertentes convexo-côncavas, vales de fundo amplo em forma côncava, chato e em "V" aberto nas vertentes. Vertentes com aproximadamente 600 metros de comprimento.

**Relevo regional:** Suavemente ondulado a ondulado.

**Erosão:** Não aparente.

**Drenagem:** Bem drenado.

**Vegetação primária:** Floresta subtropical subcaducifólia.

**Uso atual:** Reflorestamento, pequenas áreas com culturas milho, feijão, batata, além da ocorrência de parcelas com capoeira.

**Clima:** Cfb critério segundo KÖPPEN

#### Descrição Morfológica

- A<sub>11</sub>** 0 - 35cm, Bruno-avermelhado-escuro, (5YR 2,5/2, úmido), argila, moderada, pequena/média, granular, ligeiramente plástico e pegajoso.
- A<sub>12</sub>** 35 - 52cm, Bruno-avermelhado-escuro, (5YR 3/4, úmido), argila, moderada, pequena/média, em blocos subangulares, ligeiramente plástico e pegajoso.

- A<sub>3</sub>** 52 - 73cm, Vermelho-amarelo, (5YR 5/6, úmido), argila, moderada/forte, média em blocos subangulares, plástico e pegajoso.
- II(B)** 77 - 160cm, Vermelho-amarelo 5YR 4/6, úmido), argila, moderada/forte, média em blocos subangulares, plástico e pegajoso.
- II(B)<sub>2</sub>** 160 - 185cm, Vermelho (2,5YR 4/6, úmido), argila moderada/forte, média, blocos subangulares/plástico e pegajoso.
- IIIC** 185 - 217cm, Vermelho (2,5YR 4/8, úmido), argila, compacto, plástico, pegajoso, transição abrupta.
- IVC** 217 - 230cm, Amarelo -avermelhado (7,5YR 6/8), argila maciça, plástico, muito pegajoso.
- VAb** 230 - 259cm, Bruno-amarelado-claro (10YR 6/4, úmido), compacto, plástico, muito pegajoso.

OBS.: Presença de couraças concrecionais (laterita) 1 a 3mm de espessura, duras, preto avermelhada, no horizonte IVC. No horizonte VAb, com indícios de gleização, foram encontradas raízes fossilizadas, fragmentadas evidenciando, certo transporte deste material, remanescente de paleossolo.

**Perfil:- 10** (P10 = PVa-Tb)

**Classificação:** Podzólico Vermelho amarelo Tb, Álico, A moderado, textura argilosa/média, fase floresta subtropical, relevo suave-ondulado substrato migmatito .

**Localização:** Curitiba, Umbarã, estrada paralela ao Arroio Espigão.

**Situação:** Trincheira, situada em rampa suavemente inclinada com declive aproximado de 6% sob cobertura arbustiva (capoeira).

**Altitude:** 885 metros a.n.m.

**Litologia:** Migmatitos

**Formação Superficial:** Formação Tingüís

**Período:** Pleistoceno

**Material originário:** Produtos retrabalhados da Formação Guabirotuba, juntamente com material meteorizado derivado pelos migmatitos, em forma de depósitos de colúvio.

**Pedregosidade:** não pedregoso

**Rochosidade:** Não rochoso

**Relevo local:** Suavemente ondulado a ondulado, com colinas de topos arredondados, vertentes, convexo-côncavas, vales de fundo amplo em forma côncava e em "V" aberto, vertente com aproximadamente 800 metros.

**Relevo regional:** Suavemente ondulado a ondulado.

**Erosão:** Não aparente.

**Drenagem:** Bem drenado.

**Vegetação primária:** Floresta subtropical subcaducifólia.

**Uso atual:** Reflorestamentos com bracatinga e pequenas parcelas com cultivo além de áreas com capoeira.

**Clima:** Cfb critério segundo KÖPPEN

**Descrição morfológica:**

**A<sub>1</sub>** 0 - 30cm, Vermelho (2,5YR 4/6 úmido), argila, moderada, média/grande em blocos subangulares, plástico e pegajoso.

**A<sub>3</sub>** 30 - 62cm, Vermelho (2,5YR 4/6, úmido), argila, moderada, média em blocos subangulares, plástico ligeiramente pegajoso.

**B<sub>21</sub>** 62 - 82cm, Vermelho, (2,5YR 4/8 úmido), argila moderada, média em blocos subangulares, muito plástico, pegajoso, com cerosidade fraca e pouca.

**IIB<sub>22</sub>** 82 - 117cm, Vermelho, (2,5 YR 5/8 úmido), franco argiloso, moderada, grande em blocos subangulares, plástico, pegajoso, com cerosidade forte e abundante.

**IIB<sub>23</sub>** 117 - 149cm, Vermelho claro, (2,5YR 6/8 úmido),franco siltoso, moderada, média em blocos subangulares, plástico, pegajoso, com cerosidade forte e abundante.

**IIC<sub>1</sub>** 149 - >cm, Vermelho (10R 4/8, úmido).

**Observação:** Entre B<sub>21</sub> e IIB<sub>22</sub> linha de seixos angulosos, até 4cm de diâmetro IIC<sub>1</sub> - elúvio de migmatito?

**Perfil :-** 11 (P11 = PVa-Tb).

**Classificação:** Podzólico Vermelho amarelo Tb Álico, A moderado  
textura argilosa, fase floresta subtropical, relevo  
suave ondulado.

**Localização :** Curitiba, Umbará, rua Nicola Pellanda sob linha  
de transmissão de energia elétrica.

**Situação:** Trincheira, situada no divisor das bacias Arroio Es-  
pigão e Ribeirão Ponta Grossa cujas vertentes tem  
entre 400 e 600 metros de extensão, a superfície  
arredondada do divisor possui declividade inferior  
a 6%.

**Altitude:** 904,9 metros a.n.m.

**Litologia:** Formação Guabirota.

**Formação Geológica Superficial:** Formação Tingüís.

**Período:** Pleistoceno

**Material originário:** Produtos retrabalhados da Formação Gua-  
birotuba, em depósito do tipo colúvio-alúvio.

**Pedregosidade:** Não pedregoso

**Rochosidade:** Não rochoso.

**Relevo local:** Suavemente ondulado a ondulado, com colinas de topos arredondados, vertentes convexo-côncavas, vales de fundo amplo em forma concava e em "V" aberto nas nascentes. Vertentes com extensões entre 400 e 600 metros.

**Relevo regional:** Suavemente ondulado a ondulado.

**Erosão:** Não aparente.

**Drenagem:** Bem drenado.

**Vegetação primária:** Floresta subtropical subcaducifólia.

**Uso atual:** área com capoeiras e culturas de milho, feijão, batata e reflorestamento com bracatinga.

**Clima:** Cfb critério segundo KÖPPEN.

**Descrição morfológica:**

**A<sub>11</sub>** 0 - 7cm, cinzento avermelhado escuro, (5YR 4/2 úmido), franco-argila, moderada, muito pequena, em blocos subangulares, ligeiramente plástico e pegajoso.

- A<sub>12</sub>** 7 - 25cm, Bruno avermelhado, (5YR 4/3 úmido), argila, moderada, pequena em blocos subangulares, ligeiramente plástico e pegajoso.
- A<sub>3</sub>** 25 - 41cm, Bruno forte (7,5YR 4/6 úmido), argila, moderada, média/grande em blocos subangulares, plástico e pegajoso.
- B<sub>1</sub>** 41 - 69cm, Vermelho amarelo (5YR 4/6 úmido), argila, moderada, média/grande em blocos subangulares, plástico e pegajoso.
- B<sub>2</sub>** 69 - 101cm, Vermelho amarelo (5YR 4/6 úmido), argila, moderada, média/grande em blocos subangulares, plástico, pegajoso, com presença de cerosidade moderada e comum.
- C<sub>1</sub>** 101 - 139cm, Vermelho (10R 4/6 úmido), argila, plástico e pegajoso.
- C<sub>2</sub>** 139 - 172cm, Mosqueado Vermelho, Vermelho amarelo. (10R 5/6 + 5YR 5/8 úmido), argila arenosa plástico muito pegajoso.
- C<sub>3</sub>** 172 - 232cm, Mosqueado Vermelho amarelo, Vermelho (5YR 5/8 + 10R 5/6 úmido), idem ao anterior.

**C<sub>4</sub>**            232 - >cm \*Lilás, argila muito plástica e muito pe-  
gajosa.

**Observação:** Horizonte B<sub>2</sub> com presença de grãos e pe-  
dras com diâmetros até 4cm caracterizando uma unidade  
de sedimentar distinta das camadas (horizontes) su-  
periores, iguais características com diferenças mais  
acentuadas é verificado no horizonte C<sub>2</sub>, onde, além de  
significativa redução 12% de argila ocorrem pedras com  
até 12cm de diâmetro.

---

(\*) Lilás cor também encontrada por ROCHA<sup>101</sup> e  
BECKER<sup>10</sup>

**Perfil:-** 12 (P12 = PVa-Tb).

**Classificação:** Podzólico Vermelho amarelo, Tb, Álico/distrófico A proeminente, textura argilosa fase floresta subtropical relevo suave-ondulado substrato migmatito .

**Localização:** Curitiba, Umbará rua Domingos Baldan

**Situação:** Trincheira situada no 1/4 inferior de vertente suavemente inclinada, rampa com declive aproximado de 6%, sob cobertura arbustiva (capoeira).

**Altitude:** 885 metros a.n.m.

**Litologia:** Migmatitos + ?

**Formação Geológica Superficial:** Formação Tingüís.

**Período:** Pleistoceno

**Material originário:** Produtos retrabalhados da Formação Guabirotuba, mesclados com material meteorizado dos migmatitos, em forma de depósitos coluviais.

**Pedregosidade:** Não pedregoso

**Rochosidade:** Não rochoso

**Relevo local:** Suavemente ondulado ou ondulado, com colinas de topos arredondados, vertentes convexo-côncavas, vales de fundo amplo em forma côncava e em "V" aberto nas nascentes, com vertentes de aproximadamente 600 metros de comprimento.

**Relevo regional:** Suavemente ondulado e ondulado.

**Erosão:** Não aparente

**Drenagem:** Bem drenado

**Vegetação primária:** Floresta subtropical subcaducifólia.

**Uso atual:** Pequenas áreas com culturas de milho, feijão, batata, além de ocorrência de parcelas com capoeira e reflorestamento com bracatinga.

**Clima:** Cfb critério segundo KÖPPEN

#### **Descrição morfológica**

**A<sub>11</sub>** 0 - 27cm, Vermelho muito escuro (2,5YR 2,5/2 úmido), argila, moderada/fraca, pequena/média granular, ligeiramente plástico e pegajoso.

**A<sub>12</sub>** 27 - 52cm, Bruno Avermelhado escuro, (2,5YR 2,5/4 úmido), argila, moderada/fraca, pequena/média granular, ligeiramente plástico e pegajoso.

- A<sub>3</sub>** 52 - 75cm, Vermelho escuro acinzentado (2,5YR 3/2 úmido), argila, moderada, média em blocos subangulares, ligeiramente plástico e pegajoso.
- B<sub>1</sub>** 75 - 95cm, Bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4 úmido), argila, moderada, média/grande em blocos subangulares, ligeiramente plástico e pegajoso.
- B<sub>21</sub>** 95 - 122cm, Vermelho (2,5YR 5/6 úmido), argila, moderada, grande em blocos subangulares/angulares, plástico e pegajoso.
- B<sub>22</sub>** 122 - 170cm, Vermelho (2,5YR 5/6 úmido), argila, moderada, média em blocos subangulares, plástico e pegajoso.

**Observação:** Horizonte B<sub>1</sub> com concentração de seixos e granulos. Outra camada de concentração de grosseiros encontra-se na camada IIC.

**Perfil:-** 13 (Pl3 = PVa-Tb).

**Classificação:** Podzólico Vermelho Amarelo Tb Álico, A proemi -  
nente, textura argilosa, fase floresta subtropical ,  
relevo suave ondulado.

**Localização:** Curitiba, Umbarã, ferrovia Variante Engº Bley -  
Pinhais.

**Situação:** Trincheira situada em uma suave concavidade (colo)no  
divisor principal da área pesquisada. Declividade a-  
proximada 6%, vertentes com aproximadamente 200 me-  
tros de extensão, proximidades das cabeceiras dos  
rios Arroio Prensa e Ribeirão Ponta Grossa.

**Altitude:** 934,0 metros a.n.m.

**Litologia:** Formação Guabirotuba.

**Formação Geológica Superficial:** Formação Tingüís.

**Período:** Pleistoceno.

**Material originário:** Produtos retrabalhados da Formação  
Guabirotuba, em depósito do tipo colúvio-alúvio.

**Pedregosidade:** Não pedregoso.

**Rochosidade:** não rochoso.

**Relevo local:** Suavemente ondulado a ondulado, com colinas de topos arredondados, vertentes convexo-concavas, vales de fundo amplo em forma concava e "V" aberto nas nascentes. Vertentes com extensões de aproximadamente 500 metros.

**Relevo regional:** Suavemente ondulado a ondulado.

**Erosão:** Não aparente.

**Drenagem:** Bem drenado .

**Uso atual:** Área com capoeiras, culturas de milho, feijão batata e reflorestamento com bracatinga.

**Clima:** Cfb critério segundo KÖPPEN

#### **Descrição morfológica**

- A<sub>11</sub>** 0 - 35cm, Cinzento muito escuro (5YR 3/1 úmido), argila, fraca, pequena em blocos subangulares, ligeiramente plástico e pegajoso.
- A<sub>12</sub>** 35 - 56cm, Bruno avermelhado escuro (5YR 3/2 úmido), argila, fraca, média em blocos subangulares, ligeiramente plástico e pegajoso.
- A<sub>b</sub>** 56 - 115cm, Preto (5YR 2,5/1 úmido), franco argilo arenoso, fraca, média em blocos subangulares, ligeiramente plástico e pegajoso.

- IIB<sub>21</sub>** 115 - 138cm, Vermelho muito escuro, (2,5YR 2,5/2 úmido), argila arenosa, moderada, média em blocos subangulares, plástico e pegajoso.
- IIB<sub>22</sub>** 138 - 162cm, Mosqueado cor de fundo rosado (5YR 7/4 úmido) com manchas vermelho claro (2,5YR 6/6 úmido), abundante, pequeno e distinto, argila arenosa, moderada, média em blocos subangulares, plástico e pegajoso.
- IIB/C** 162 - 182cm, Bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4 úmido), franco argilo arenoso, plástico e pegajoso.
- IIC<sub>1</sub>** 182 - 241cm, Bruno avermelhado escuro, (2YR 3/4 úmido), argila arenosa, plástico e pegajoso.
- IIC<sub>2</sub>** 241 - 350cm, Mosqueado Rosado cor de fundo (5YR 7/3) manchas, vermelho acinzentado, (10R 5/2 úmido), abundante, pequeno e proeminente, franco argila arenosa, muito plástico e pegajoso.
- IIIC<sub>3</sub>** 350cm ou > Lilás\*, argila muito pegajoso e plástico.

OBS.: Os horizontes IIC<sub>1</sub>, IIC<sub>2</sub> e IIIC<sub>3</sub> apresentam seixos dispersos, com diâmetros de até 10cm, e estratificação incipiente entre pequenas lentes mais arenosas e outras mais argilosas.

---

(\*) Lilás cor também encontrada por ROCHA<sup>101</sup> e BECKER<sup>10</sup>.

ANEXO 5

TABELA DE CLASSIFICAÇÃO DOS COEFICIENTES DAS RELAÇÕES  
GRANULOMÉTRICAS

**ANEXO 5** - Tabela de classificação dos coeficientes das relações granulométricas.

Classes	Variação (*)	Valor atribuído
0 a 0,1	baixíssima	0 (nulo)
0,1 a 0,2	buito baixa	1
0,2 a 0,4	baixa	2
0,4 a 0,6	média	4
0,6 a 1,0	alta	6
1,0 a 2,0	muito alta	8
> 2,0	altíssima	10

(\*) Relações granulométricas: silte/argila - areia grossa / areia fina - areia fina / areia grossa.

Obs.: Critério da avaliação em função das variações dos solos analisados.

## ANEXO - 6

Planilhas utilizadas para o cálculo dos resultados sedimentológicos.



Planilha utilizada para cálculo dos resultados sedimentológicos (granulometria) obtidos através de pipetagem.

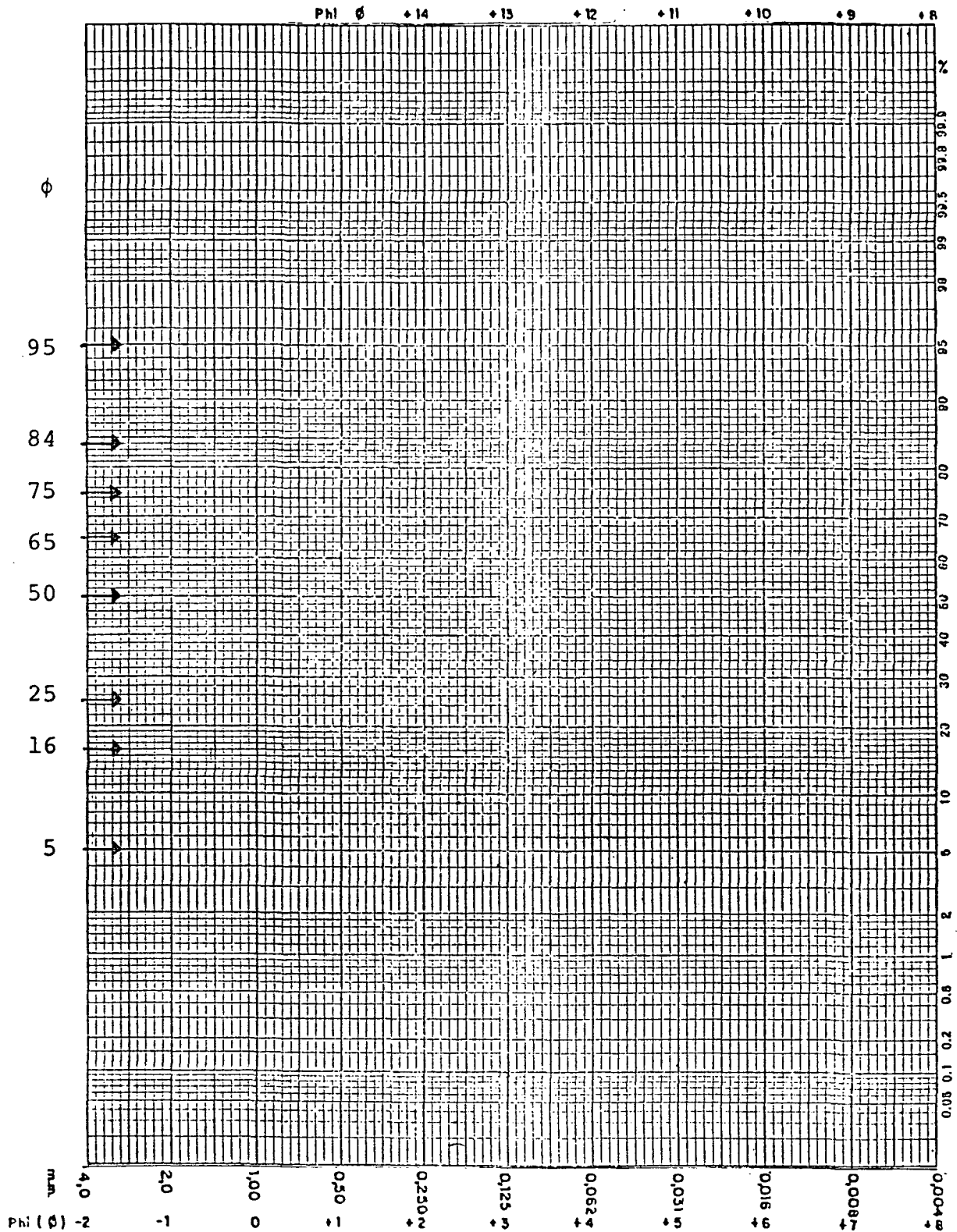
Projeto _____	Análise Granulométrica	Am. No. _____
<b>% de Carbonatos</b>		
Copo: + Mat. _____	Copo: + Mat. - Cb. _____	Vazio _____
$a =$ _____	$b =$ _____	
Cálculo: $a - b =$ peso do carbonato; $a =$ peso total		
$\% \text{ de carb} = \frac{(a-b) \cdot 100}{a}$		
<b>% de Matéria Orgânica</b>		
Copo. + Mat. _____	Copo: + Mat. - M.O. _____	Vazio _____
$c =$ _____	$d =$ _____	
Cálculo $c - d =$ peso da mat. orgânica, $c =$ peso total		
$\% \text{ de mat. orgânica} = \frac{(c-d) \cdot 100}{c}$		
Proceder amostragem do mat. sem carbonato e pesar:		
Copo: + Mat. _____	Copo: + Mat. _____	Vazio _____
Peso total (P) = _____	Pesquisar se for o caso _____	Peso da areia _____
$P = P_a + P_f$ ; $P_f =$ peso das frações $< 0,062 \text{ mm}$		
$P_a \% = \frac{P_a \cdot 100}{P}$ ; $P_f \% = \frac{P_f \cdot 100}{P}$ ; $P_a \% + P_f \% = 100$		
$R_{pp} =$ relação $P_f \% + P_f =$ _____		

TEMPO	Pipetagem	FREQUÊNCIA %	
		simples	acompanhada
1' 56"	<p><math>R_{pp} =</math> _____</p> <p>Descartar do Resíduo o quant. de profusões cu Material <math>&gt; 0,063 \text{ mm}</math> % _____</p> <p>1ª Pipetagem (10 cm) 0,031 - 0,062 mm</p> <p>Rec. + Mat. pip. _____</p> <p>Vazio _____</p> <p>Resíduo _____</p> <p>(Resíduo - 0) x 25 = <math>R_1</math> _____</p> <p><math>P_f</math> _____</p> <p><math>R_1</math> _____</p> <p><math>Q_1 =</math> _____</p> <p><math>Q_1 \% = R_{pp} \times Q_1</math> _____</p>		
7' 44"	<p>2ª Pipetagem (10 cm) 0,016 - 0,031</p> <p>Rec. + Mat. pip. _____</p> <p>Vazio _____</p> <p>Resíduo _____</p> <p>(Resíduo - 0) x 25 = <math>R_2</math> _____</p> <p><math>R_1 - R_2</math> _____</p> <p><math>R_2</math> _____</p> <p><math>Q_2 =</math> _____</p> <p><math>Q_2 \% = R_{pp} \times Q_2</math> _____</p>		
31'	<p>3ª Pipetagem (10 cm) 0,008 - 0,016</p> <p>Rec. + Mat. pip. _____</p> <p>Vazio _____</p> <p>Resíduo _____</p> <p>(Resíduo - 0) x 25 = <math>R_3</math> _____</p> <p><math>R_2 - R_3</math> _____</p> <p><math>R_3</math> _____</p> <p><math>Q_3 =</math> _____</p> <p><math>Q_3 \% = R_{pp} \times Q_3</math> _____</p>		
2h. 3'	<p>4ª Pipetagem (10 cm) 0,004 - 0,008</p> <p>Rec. + Mat. pip. _____</p> <p>Vazio _____</p> <p>Resíduo _____</p> <p>(Resíduo - 0) x 25 = <math>R_4</math> _____</p> <p><math>R_3 - R_4</math> _____</p> <p><math>R_4</math> _____</p> <p><math>Q_4 =</math> _____</p> <p><math>Q_4 \% = R_{pp} \times Q_4</math> _____</p> <p><math>&lt; 0,004 \text{ m \%} = R_{pp} \times R_4</math> _____</p> <p>Total _____</p> <p>Data _____</p> <p>Assinatura _____</p>		

## ANEXO - 7

Modelo da folha gráfica utilizada para determinação dos percentis.

Folha gráfica utilizada para construção das curvas de frequência acumulada e obtenção gráfica dos percentis  $\phi_5$ ,  $\phi_{16}$ ,  $\phi_{25}$ ,  $\phi_{50}$ ,  $\phi_{65}$ ,  $\phi_{75}$ ,  $\phi_{84}$  e  $\phi_{95}$ .



## ANEXO - 8

Resultados granulométricos obtidos pelo  
método sedimentológico.

FREQUÊNCIA ACUMULADA EM PORCENTAGEM DOS RESULTADOS SEDIMENTO-  
LÓGICOS - (GRANULOMETRIA ).

PERFIL P1

DIÂMETRO		A M O S T R A S						
$\phi$	mm	A <sub>12</sub>	IIB <sub>1</sub>	II(B) <sub>1</sub>	II(B) <sub>2</sub>			
-	5,0	1,32	1,07	-	-			
-2	4,0	2,05	-	-	-			
-	3,15	2,25	1,33	0,90	0,24			
	2,50	2,67	1,55	1,59	0,84			
-1	2,00	3,25	1,90	1,97	1,24			
	1,60	4,18	2,89	2,80	2,28			
	1,25	5,94	4,39	3,77	3,71			
0	1,00	7,14	5,42	4,32	4,76			
	0,80	11,00	7,89	6,64	7,95			
	0,63	14,82	10,82	8,58	10,66			
+1	0,50	18,27	13,47	10,54	13,14			
	0,40	21,84	16,35	12,51	15,61			
	0,31	25,37	17,35	15,28	18,59			
+2	0,25	28,12	20,71	16,51	19,92			
	0,20	30,26	23,55	18,47	21,86			
	0,16	32,32	25,21	20,71	23,88			
+3	0,12	34,35	27,26	23,24	26,35			
	0,10	36,24	29,20	25,34	22,89			
	0,08	37,83	31,24	29,01	31,47			
+4	0,06	39,50	32,89	31,67	34,07			
+5	0,03	47,80	42,21	43,15	42,99			
+6	0,01	55,05	45,40	48,72	52,58			
+7	0,01	56,02	51,11	56,52	60,88			
+8	0,00	61,25	55,60	64,66	70,47			
	<0,004	100,00	100,00	100,00	100,00			

FREQUÊNCIA ACUMULADA EM PORCENTAGEM DOS RESULTADOS SEDIMENTO-  
LÓGICOS - (GRANULOMETRIA ).

PERFIL P2

DIÂMETRO		A M O S T R A S						
$\phi$	mm	A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	IIB <sub>22</sub>	IIB <sub>3</sub>			
	5,0	-	3,02	-	-			
-2	4,0	-	4,11	-	0,70			
	3,15	0,32	4,32	0,30	1,19			
	2,50	1,09	6,99	-	1,50			
-1	2,00	1,69	8,08	0,45	1,74			
	1,60	3,55	10,18	0,88	2,06			
	1,25	5,73	12,06	1,22	2,56			
0	1,00	6,34	12,83	1,41	2,76			
	0,80	8,07	14,82	2,03	3,71			
	0,63	10,39	16,40	2,75	4,69			
+1	0,50	11,44	17,69	3,54	5,87			
	0,40	12,77	19,22	4,54	7,18			
	0,31	14,39	21,38	5,98	8,86			
+2	0,25	15,53	22,64	6,80	9,91			
	0,20	17,08	24,44	8,00	11,05			
	0,16	18,74	26,10	9,38	12,26			
+3	0,12	21,04	28,09	11,39	14,04			
	0,10	22,89	30,06	13,51	16,10			
	0,08	25,94	32,08	17,69	20,37			
+4	0,06	27,66	34,09	21,21	22,05			
+5	0,03	36,71	41,46	32,03	38,50			
+6	0,01	39,55	43,98	45,95	52,67			
+7	0,01	42,78	45,96	55,42	64,56			
+8	0,00	45,30	47,73	65,45	73,54			
	<0,004	100,00	100,00	100,00	100,00			

FREQUÊNCIA ACUMULADA EM PORCENTAGEM DOS RESULTADOS SEDIMENTO-  
LÓGICOS - (GRANULOMETRIA ).

PERFIL P3

DIÂMETRO		A M O S T R A S						
$\phi$	mm	A <sub>3</sub>	II(B)	II(B) <sub>2</sub>				
	5,0	-	-	0,18				
-2	4,0	0,14	0,12	-				
	3,15	0,31	-	0,28				
	2,50	0,52	0,16	0,70				
-1	2,00	0,79	0,27	0,83				
	1,60	1,36	0,86	1,42				
	1,25	2,24	1,84	2,35				
0	1,00	2,63	2,24	2,83				
	0,80	4,00	3,53	4,13				
	0,63	5,08	4,82	5,40				
+1	0,50	6,33	5,88	6,43				
	0,40	7,74	7,38	7,79				
	0,31	9,69	9,12	9,36				
+2	0,25	11,38	10,11	10,65				
	0,20	13,45	11,86	12,29				
	0,16	15,75	13,40	14,16				
+3	0,12	18,79	15,94	16,73				
	0,10	21,28	17,98	18,80				
	0,08	24,98	20,66	21,92				
+4	0,06	27,08	22,93	23,88				
+5	0,03	33,20	30,16	32,03				
+6	0,01	37,66	36,56	37,03				
+7	0,01	42,61	42,23	43,47				
+8	0,00	45,74	48,46	58,17				
	<0,004	100,00	100,00	100,00				









FREQUÊNCIA ACUMULADA EM PORCENTAGEM DOS RESULTADOS SEDIMENTO-  
LÓGICOS - (GRANULOMETRIA ).

PERFIL

DIÂMETRO		A M O S T R A S						
φ	mm	ARGILITO	MIGMATTO	MIGMATTO				
	5,0	-	-	-				
-2	4,0	-	-	-				
	3,15	-	-	-				
	2,50	-	-	-				
-1	2,00	-	0,10	-				
	1,60	0,15	0,19	0,09				
	1,25	0,32	0,61	0,39				
0	1,00	0,36	1,28	0,94				
	0,80	0,53	3,29	2,32				
	0,63	0,69	6,21	4,34				
+1	0,50	0,79	9,71	6,60				
	0,40	0,98	13,84	9,23				
	0,31	1,35	18,99	12,51				
+2	0,25	1,58	21,34	14,29				
	0,20	2,03	25,51	17,23				
	0,16	2,55	28,13	19,52				
+3	0,12	3,25	33,01	23,33				
	0,10	4,14	37,55	32,16				
	0,08	5,54	43,87	38,87				
+4	0,06	6,49	46,73	41,03				
+5	0,03	11,89	57,38	54,17				
+6	0,01	17,04	68,51	68,68				
+7	0,01	24,40	83,91	78,63				
+8	0,00	30,43	88,71	88,82				
	<0,004	100,00	100,00	100,00				

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01 AB'SABER, A.N. Eat actuel des connaissances sur les niveaux d'erosion et les surfaces d'aplanissement du Brésil. In: CONGRÉS INTERNATIONAL DE GEOGRAPHIE, 18., Rio de Janeiro, 1956. Report. New York, Union Geographique Internationale, s.d. v.5; p. 7-27.
- 02 \_\_\_\_\_. & BIGARELLA, J.J. Considerações sobre a geomorfogênese da Serra do Mar no Paraná. Boletim Paranaense de Geografia, Curitiba, (4/5): 94-125, 1961.
- 03 \_\_\_\_\_. Revisão do conhecimento sobre o horizonte subsuperficial de cascalhos inhumados do Brasil Oriental. Boletim da Universidade Federal do Paraná. Geografia Física, (2): 1-32, 1962.
- 04 \_\_\_\_\_. Pedimentos e bacias dendríticas pleistocênicas em São Paulo, Geomorfologia, USP, Instituto de Geografia, (9): 1-12, 1969.
- 05 AGUIAR, F.Q.B. & SILVA, J.J.V. A importância das formações de recobrimento numa zona de solos ferralíticos em Angola. Série Científica. Instituto de Investigação Agronômica de Angola. Lisboa, 1969 (8):
- 06 ALMEIDA, F.F.M. de. Novas ocorrências de camadas supostas pleistocênicas nos Estados de São Paulo e Paraná. Bol. Soc. Bras. Geol. 1(1): 53-8, 1952.
- 07 BASCOMB, C.D. Distribution of pyrophosphate-extractable iron and organic carbon in soils of various groups. J. Soil Sci., (19): 251-68, 1968.
- 08 BAULING, H. Le profil d'équilibre des Versants. Annales de Géographie, 1940. 49 p.
- 09 BECKER, R.D. Sedimentologia e estratigrafia do quaternário do baixo vale do Rio Itajaí-Mirim. Porto Alegre, 1976. 110 p. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

- 10 BECKER, R.D. Distribuição dos Sedimentos Cenozóicos na Região Metropolitana de Curitiba e sua relação com a estrutura geológica e morfológica regional. Porto Alegre, 1982. 237 p. Tese. Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 11 BECKETT, P.H.T. Soil formation and slope development. 1. A new look at Walther Penck'S Aufbereitung concept. Zeitschrift für Geomorphologie, Annals of Geomorphologie, Berlin, 12 (1): 1-24, 1968.
- 12 BEINROTH, F.H.; VEHARA, G. & IKAWA. Geomorphic relationships of oxisols and ultisols on Kauai, Hawaii. Soil Sci.Soc. Am. Proc., 38 (1): 250-7, 1974.
- 13 BIGARELLA, J.J. Esboço da geomorfologia do Estado do Paraná. Boletim do I.B.P.T., Curitiba, (32): 1-21, 1954.
- 14 \_\_\_\_\_. Variações climáticas no Quaternário e suas implicações no revestimento florístico do Paraná. Boletim Paranaense de Geografia, (10-15): 211-3, 1964.
- 15 \_\_\_\_\_. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. Boletim Paranaense de Geografia, (16/17): 117-51, 1965.
- 16 \_\_\_\_\_. Pediments, a convergence of processes. Boletim Paranaense de Geociências, (33): 206-16, 1975.
- 17 \_\_\_\_\_. A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná... Um problema de segurança ambiental e nacional. Contribuição à Geografia, Geologia e Ecologia Regional. Secretaria do Planejamento do Estado do Paraná e Associação de Defesa e Educação Ambiental. 1978. 249 p.
- 18 \_\_\_\_\_ & AB' SABER, A.N. Palaeogeographische und Palaeoklimatische aspekte des kaenozoikums in Sued - Brasilien. Zeitschrift fuer Geomorphologie. Berlin, 1964. 8(3): 286-312.
- 19 \_\_\_\_\_ & ANDRADE, E.D. Contribution of the study of the Brazilian Quaternary. Special papel, 84. The Geological of America, (84): 1-19, 1965.

- 20 BIGARELLA J.J. & BECKER, R.D. International Symposium on the Quaternary. Boletim Paranaense de Geociências, Curitiba, (33): 1-370, 1975.
- 21 \_\_\_\_\_ & MOUSINHO, M.R. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzea. Boletim Paranaense de Geografia, (16/17):153 - 1965.
- 22 \_\_\_\_\_ ; MOUSINHO, M.R.; SILVA, J.X. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. Boletim Paranaense de Geociências, (27): 15-80, 1965.
- 23 \_\_\_\_\_ & SALAMUNI R. Considerações sobre o paleoclima da Bacia de Curitiba. Bol.Inst.Hist. Nat., Geologia, (1): 1-10, 1958.
- 24 \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Notas complementares à planta geológica da cidade de Curitiba e arredores. Boletim do I.B.P.T., (40): 1-14, 1959.
- 25 \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba. Bol. da Universidade do Paraná. (7):1-164, 1962.
- 26 \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Early mesozoic wind pattern as suggested by dune bedding in the Botucatu sandstone of Brazil and Uruguay. Bull. Geol. Soc. Am., (72): 1089-1106, 1961.
- 27 \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Some paleogeographic and palaeotectony features of the Paraná basin. In: BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D. & PINTO, I.D. (ed) Problems in Brazilian Gondwana geology. Curitiba, 1967. p. 235-301.
- 28 \_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_ & AB'SABER, A.N. Origem e ambiente de deposição da Bacia de Curitiba. Bol. Paran. de Geografia, (4/5): 71-8, 1961.
- 29 \_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_ & MARQUES FILHO. Ocorrência de pedimentos remanescentes nas falhas da Serra do Iquererim, Santa Catarina. Bol. Paran. de Geografia, (4/5): 82-93, 1961.
- 30 \_\_\_\_\_ . et alii. Considerações a respeito da evolução das vertentes. Boletim Paranaense de Geografia, (16/17): 85-116, 1965.

- 31 BIGARELLA, J.J.; PASSOS, E. & COSTA, T.M. Levantamento geomorfológico da Região Metropolitana de Curitiba. Curitiba, 1978. (Não publicado).
- 32 \_\_\_\_\_. et alli. Recursos naturais. Ouro Fino. Região Metropolitana de Curitiba. Curitiba, Secretaria de Estado do Planejamento, 1979. 30 p.
- 33 \_\_\_\_\_.; ANDRADE, E.D.; LIMA, D. de.; RIEHS, P.J. Considerações a respeito das mudanças paleoambientais na distribuição de algumas espécies vegetais e animais no Brasil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, (47) (Suplemento): 411-64, 1975.
- 34 \_\_\_\_\_ & MAZUCHOWSKI. Visão integrada da problemática da erosão. Curitiba, ADEA/ABGE, 1985. 329 p.
- 35 BIROT, P. Précis de géographie physique générale. Colin, 1959. 403 p.
- 36 BIRKELAND, P.W. Pedology, weathering and geomorphological research. London, 1974. p. 133-273.
- 37 BRYAN, K. The formation of pediments. In: INTERNATIONAL GEOLOGY CONGRESS, 16., 1935. v.2; p. 765-775.
- 38 BÜDEL, J. Die Doppelten Einebnungs flächen in den fluchten Tropen. Zeitschrift fuer Geomorphologie, 1:201-28, 1957.
- 39 BUTLER, B.E. Periodic phenomena in landscape as a bases for soil studies. Soil Publ. C.S.I.R.O., (14): 1-20, 1959.
- 40 CAILLEUX, A. Le ruisselement en pays tempéré nom montagnoux. Annales de Geographie, 57(305): 21-39, 1948.
- 41 CHOWDHURI, R.N. Slope analysis. New York, 1978. 423 p.
- 42 CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo, Edgard Blücher, 1980. 188 p.

- 43 COMEC. Região Metropolitana de Curitiba. Levantamento Aerofotogramétrico. ed. 1976. Carta 60x83cm escala 1:10.000.
- 44 COSTA LIMA, V. Estudos pedológico de perfis de solos do grande Grupo Rubrozem da Bacia de Curitiba-PR. Piracicaba, 1974. 119 p. Dissertação Mestrado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
- 45 COSTA LIMA, J.M.J. Estudo de uma seqüência de solos desenvolvidos de rochas básicas do Sudoeste do Estado do Paraná. Piracicaba, 1979. 123 p. Dissertação. Mestrado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
- 46 COSTA LIMA, V. Caracterização e classificação de solos derivados de eruptivas básicas do 3º Planalto Paranaense. Piracicaba, 1979. 249 p. Tese. Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
- 47 CRICMAY, C.H. A preliminary inquiring in to the formulation anal applicability of the geological of uniformity. Published by Everlyn the Mille Books - Alberta - 1959.
- 48 DALRYMPLE, J.B.; BLONG, R.J.; CONACHER, A.J. An hypothetical nime unit landsurface model. Zeitschrift fuer Geomorphologie, 12 (1): 60-76, 1968.
- 49 DANIELS, R.B.; GAMBLE, E.E.; CADY, J.G. Some relations among coasta plain soil and geomorphic surface in North Carolina. Soil Sci. Amer. Proc., 34: 648-653, 1970.
- 50 \_\_\_\_\_; GAMBLE, E.E.; CADY, J.G. The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. Advances in Agronomy, 23: 51-88, 1971.
- 51 DAVIS, W.M. Rock floors in arid and humid climates. The Journal of Geology, 38(1): 1-27, 1930.
- 52 \_\_\_\_\_. Piedmont benchlands and primarrumfe. Bull. Geol. Soc. of American, New York, (43): 399-440, 1932.

- 53 DAVIS, W.M. Sheetfloods and streamfloods. Bulletin of the Geological Society of America, New York (49:1337-1416, 1938.
- 54 DE MARTONNE, E. Problemas morfológicos do Brasil Tropical Atlântico (1a. parte). Revista Brasil. Geogr., 5 (4): 523-50, 1943.
- 55 \_\_\_\_\_. Problemas morfológicos do Brasil Tropical Atlântico (2a. parte). Revista Brasil. Geogr., 6(2):155-78, 1944.
- 56 DERBYSHIRE, E. Geomorphology and climate. Bristol, Wiley, 1976.
- 57 DÉRRUAU, M. Précis de geomorphologie. Paris, Masson, 393 p. 1962.
- 58 DRESCH, J. Pedimentos, glaciais de erosão, peneplanícies e inselbergs. Notícias Geomorfológicas, Campinas, 49(2/4): 167-77. 1962.
- 59 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Londrina, 1981. 2 v.
- 60 FOLK, R.L. A review of grain size parameters. Sedimentology, Amsterdam, (6):73-93, 1966.
- 61 \_\_\_\_\_. & WARD, W.C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. J. Sedimentary Petrology, (27):3-26, 1927.
- 62 FURLEY, P.A. Soil formation and slope development. 2. The relationship between soil formation and gradient angle in the Oxford area. Zeitschrift fuer Geomorphologie, 12 (1): 25-42, 1968.
- 63 GILBERT, G.K. Contribution to the history of lake Bonneville. Annual Report of the U.S. Geological Survey, 2: 167-200, 1982.

- 64 HACK J.T. & GOODLETT, J.C. Geomorphology and florest ecology of a mountain region in the central appalachians. Prof. Paper. U.S. Geological Survey, (347), 1960.
- 65 HACK, I.T. Interpretation of erosional topography in humid temperature regions. Am. Journ. of Sciences, 258: 80-97, 1960.
- 66 HASUI, Y. & ALMEIDA, M.A. Aspectos estruturais na geomorfologia da área cristalina de São Paulo e Paranã. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, 1978. Anais, Recife, SBG.
- 67 HOWARD, A.D. Pediment passes and the pediment problem. Zeitschrift fuer Geomorphologie, 5: 1-31, 1942.
- 68 \_\_\_\_\_. Pediments, comptes rendus de la. 19e se. In: CONGRÈS GEOLOGIQUE INTERNATIONALE, 7., Alger, 1953. 119 p.
- 69 INMAN, D.L. Sorting of sediments in the light of fluid mechanics. J. of Sedimentary Petrology, 19 (2): 51-70, 1949.
- 70 JACKSON, M.L. Soil chemical analysis: New York, Prentice-Hall, 1958. 991p.
- 71 JOHNSON, D.W. Rock fans of arid regions. Am.Journ. of Science, 23: 389-416, 1932.
- 72 \_\_\_\_\_. Rock plains of arid regions. Geogr. Review, 22: 656-65, 1932.
- 73 JOURNAUX, A, O estudo das formações superficiais na França. Sedimentologia e Pedologia, (4): 1-19, 1973.
- 74 KING, L.C. Canons of landscape evolution. Bolletín of the Geological Society of America, 64(7): 721-52. 1953.
- 75 \_\_\_\_\_. A geomorfologia do Brasil Oriental. Revista Brasileira de Geografia, 18 (2): 147-266, 1956.

- 76 KING, L.C. The uniformitarian nature of hillslopes. Trans. Edin. Geol. Soc., Edinburgh, 17(1):81-102, 1957.
- 77 KLEIN, R.M. & HATSCHBACH, G. Fitofisionomia e notas sobre a vegetação para acompanhar a planta fitogeográfica do Município de Curitiba e arredores. Boletim da Universidade Federal do Paraná, Instituto de Geologia, Curitiba, (4): 1-29, 1962.
- 78 LANGBEIN, W.B. & SCHUMM, S.A. Yield of sediment in relation to mean annual precipitation. Transactions of the American Geophysical Union. (39): 1676-84, 1958.
- 79 LEPSCH, I.F. & BUOL, S.W. Investigations in Oxisol-Ultisol toposequences in S. Paulo State Brazil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., (38): 491-6, 1974.
- 80 LOPES, J.A.U. Nota explicativa da folha geológica de Curitiba. Boletim da Universidade Federal do Paraná. Geologia. (20):1-20, 1966.
- 81 MAACK, R. Breves notícias sobre a geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. Arq. Biol. Técn. Curitiba, (2): 67-154, 1947.
- 82 \_\_\_\_\_. Mapa fitogeográfico do Estado do Paraná. Curitiba, Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas, 1950.
- 83 \_\_\_\_\_. Geografia física do Estado do Paraná. Curitiba, CODEPAR, 1968, 350 p.
- 84 \_\_\_\_\_. Geografia física do Estado do Paraná. 2. ed. Rio Janeiro, J.Olympio, 1981, 442 p.
- 85 MCGEE, J.W. Sheetflood erosion. Bulletin of the Geological Society of America, 8 87-112, 1987.
- 86 MARINI, O.J.; FUCK, R.A. & TREIN, E. Intrusivas básicas jurássico-cretáceas do primeiro planalto do Paraná. Boletim Paranaense de Geociências, (23/25):307-23, 1967.

- 87 MARINI, O.J. Geologia da Folha de Araucária. Bol. da Universidade Federal do Paraná, Geologia, 1-2, (24). 1967.
- 88 McKEAGUE, J.A. & DAY, J.H. Dithionite and oxalate - extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. Cand. I. Soil Sci., (46):13-22, 1966.
- 89 BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Dados meteorológicos da Estação Campina do Taquaral, São José dos Pinhais Pr. D.N.A.E.E./D.C.R.H., 1965-1981.
- 90 MOUSINHO, M.R. & BIGARELLA, J.J. Movimentos de massa no transporte dos detritos de meteorização das rochas. Bol. Paran. de Geogra., (16/17):43-84, 1965.
- 91 MUNSELL Soil Color Charts. Baltimore, Munsell Color Company, 1975.
- 92 NIMER, E. Clima. In: FUNDAÇÃO IBGE. Geografia do Brasil Região Sul. Rio de Janeiro, 1977. v.5; p.35-79.
- 93 \_\_\_\_\_. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro, IBGE-SUPREM, 1979. 422 p. (Série recursos naturais e meio ambiente, nº 4).
- 94 OLLIER, G. Weathering. New York, Longman, 1979. p.251-262.
- 95 PENCK, W. Morphological analysis of land forms: a contribution to physical geology. London, MacMillan, 1953, 429 p.
- 96 PENTEADO, M.M. Novas informações a respeito dos pavimentos detríticos ("Stone lines"). Notícia Geomorfológica. (9):15-41. 1969.
- 97 \_\_\_\_\_. Geomorfologia do setor centro ocidental da depressão periférica paulista. São Paulo, 1976. 86 p. Tese de doutoramento, Universidade de São Paulo.
- 98 \_\_\_\_\_. & RANZANI, G. Problemas geomorfológicos relacionados com a gênese dos solos podzolizados. Sedimentologia e Pedimentologia, (6): 1-23, 1973.

- 99 PUMLEY, W.J. & DAVIS, D.W. Estimation of recent sediment size parameters from a triangular diagram. Journ. Sed. Petrology., 26 (2): 140-55, 1956.
- 100 QUEIROZ NETO, J.P. & MONDENESI, M.C. Observações preliminares sobre as relações entre solos e a geomorfologia na área de Itú-Salto. Sedimentologia e Pedologia, (3):1-28. 1973.
- 101 ROCHA, H.O. Die Böden und geomorphologischen Einheiten der region von Curitiba (Paraná-Brasilien). Freiburg, 1981. 175 p. Tese. doutorado. Albert Ludwigs-Universität
- 102 RUHE, R.V. Geomorphic surfaces and nature of soils. Soil Science, 82: 441-455, 1956.
- 103 \_\_\_\_\_. Geomorphic surfaces and the nature of soil. In: DREW, J.V. (ed.). Selected papers in soil formation and classification. Madison, Soil Science Society of America, 1967. p. 270-85. (Special publication series, 1).
- 104 \_\_\_\_\_. & WALKER, P.H. Hillslope models and soil formation. I. Open systems. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 9., Adelaide, 1968. Transactions of the... Journal Paper nº 5736 Iowa. 551-560. (Iowa Agriculture and Home Economics Station, Ames, Iowa).
- 105 \_\_\_\_\_; DANIELS, R.B. & CADY, J.G. Landscape evolution and soil formation in Southwestern Iowa. Tech Bull U.S.Dept. Agric. 1967. 1349.
- 106 RUELLAN, F. Evolução geomorfológica da baía de Guanabara e das regiões vizinhas. Revista Brasil. Geografia, 4 (4): 445-508, 1944.
- 107 SANTOS FILHO, A. Genese und Eigenschaften repräsentativer Bodenbtypen in der schichtstufenlandschaft des Staates Paraná, Brasilien. Freiburg, 1977. 192 p. Tese Doutorado, Albert-Ludwigs - Universität.
- 108 \_\_\_\_\_. Capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral em solos do Estado do Paraná. Rev. Set. Ciênc. Agr. Curitiba, 1985. (7): 43-46.

- 109 SANTOS FILHO, A. & ROCHA, H.O. da. Relação entre solos e superfícies de erosão na região de Foz do Iguaçu, Pr. II. Óxidos pedogenéticos. Rev. Setor de Ciências Agrárias, 3:133-137, 1981.
- 110 \_\_\_\_\_.&\_\_\_\_\_. Relação entre solos e superfícies de erosão na região de Foz do Iguaçu, Pr. III. Composição química total. Rev. Setor de Ciências Agrárias, 3: 139-142, 1981.
- 111 \_\_\_\_\_.&\_\_\_\_\_. Relação entre solos e superfícies de erosão na região de Foz do Iguaçu. Rev. Setor de Ciências Agrárias, 7: 123-131, 1981
- 112 \_\_\_\_\_; BLUM, W.E.H. & MULLER, H.W. Relação entre solos e superfícies de erosão na região de Foz do Iguaçu Pr. IV. Argilominerais. Rev. Setor de Ciências Agrárias, 5: 43-48, 1983.
- 113 SAHU, B.K. Depositional mechanisms from the size analysis of clastic desiments. J.of Sedimentary Petrology, 34: 73-83, 1964.
- 114 SCHEIDEGGER, A. E. Theoretical morphology. Berlin, Springer, 1961, 116p.
- 115 SCHUMM, S.A. Quaternary paleohydrology. In: WRIGHT, H.E. & FREY, D.G. (eds.). The quaternary of the United States. Princeton, Princeton University Press, 1975. p. 783-794.
- 116 SCHWETMAN, U. Differenzierung der Eisenoxide des Bondes durch photochemische Extraktion mit Saurer Ammoniu moxalatlösung. Z. Pflanzenern. Dung. Bodenk, 1964. p. 194-202.
- 117 SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 2.ed. Campinas, 1982. 45 p.
- 118 SOIL SURVEY STAFF. Soil classification. A comprehensive system (7th. approximation). Washington, U.S. Dept. of Agric., 1960. 265 p.
- 119 STRAHLER, A.N. Hipsometric analysis of erosional topography. Bulletin Geol. Soc. America. 63(10): 1117-42, 1952.

- 120 STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed  
Geomorphology, Amer. Geoph. Union Trans. 38: 913-920, 1957.
- 121 SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE.  
Dados metereológicos da Estação Bela Vista. Araucária, Pr.  
1974-1984, Curitiba. 1984.
- 122 TRICART, J. Divisão morfoclimática do Brasil Atlântico  
Central. Boletim Paulista de Geografia 31: 3-44, 1959.
- 123 \_\_\_\_\_. Informações para a interpretação paleográfica dos  
cascalheiros. Noticia Geomorfológica, 2 (4): 1-11, 1959.
- 124 \_\_\_\_\_. Ecodinâmica. Rio de Janeiro, IBGE/SUPREN, 1977.  
97 p. (Recursos naturais e meio ambiente).
- 125 \_\_\_\_\_. & MICHEL P. Morphogenese et pedogenese. Aproche  
methodologique, geomorphologie et pedologie. Sci. du Sol,  
(4): 69-85, 1965.
- 126 TUAN, Y.F. Pediments in Southeastern Arizone. Geography,  
Berkeley, 13: 1-164, 1959.
- 127 UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Manual de análise química  
de solos e plantas. Curitiba, 1976-77. p. 1-14.
- 128 VETTORI, L. & PIERANTONI, H. Análise granulométrica. Novo  
método para determinar a fração argila. Rio de Janeiro,  
Ministério da Agricultura, Equipe de Pedologia e Fertili-  
dade do Solo, 1968.
- 129 \_\_\_\_\_. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Ministério  
da Agricultura, Equipe de Pedologia e Fertilidade do so-  
lo, 1969. 24 p. (Boletim técnico, 7).
- 130 WAMBEKE, A.R.V. Criteria for classifying tropical soils by  
age. J. Soil Sci., 13: 124-132, 1962.
- 131 WENTWORTH, C.K. A scale of grade and class terms for clastic  
sediments. Journal of Geology, 30: 377-392, 1922.
- 132 WILLIAMS, G.E. Characteristics and origin of Precambrian  
pediment. J. Geology, 77: 183-207, 1969.
- 133 YOUNG, A. Slopes. London, Longman, 1972. 288 p.