

**PROJETO MULTISSETORIAL PARA O DESENVOLVIMENTO DO
PARANÁ – CONTRATO 8201-BR**

**PROJETO DE MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO,
SETORIZAÇÃO DE RISCOS E ORGANIZAÇÃO DE DADOS PARA
GESTÃO DE RISCOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA**

SUMÁRIO EXECUTIVO

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMA

Execução: ANDES GEOLOGIA E MEIO AMBIENTE

**Curitiba
Agosto/2018**

Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná - ITCG

Mapeamento Geológico-Geotécnico, Setorização De Riscos e Organização de Dados para Gestão de Riscos na Região Metropolitana de Curitiba - Projeto Multissetorial para o Desenvolvimento Do Paraná – Sumário Executivo. Curitiba : ITCG, 2018.

58 p.

1. Mapeamento. 2. Região Metropolitana de Curitiba – Paraná 3. Geotecnia. I Andes Geologia e Meio Ambiente. II Título.

CDU 55 (816.2)

Permitida a reprodução total ou parcial, desde que citada a fonte.

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOLOGIA DO PARANÁ

Rua Desembargador Motta, 3384, Mercês

CEP 80.430-200 - Curitiba - Paraná - Brasil

Telefone: 55 41 3304-7000

homepage: www.pr.gov.br/itcg - email: itcg@pr.gov.br

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

Maria Aparecida Borghetti

Governadora

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE

E RECURSOS HÍDRICOS - SEMA

Antonio Carlos Bonetti

Secretário

**ITCG – INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOLOGIA DO
PARANÁ**

Amílcar Cavalcante Cabral

Diretor Presidente

Oscar Salazar Júnior

Diretor de Geologia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO – NOTA EXPLICATIVA	9
2.1	Área de Mapeamento	9
2.2	Atividades Realizadas	13
2.2.1	Revisão Bibliográfica	13
2.2.2	Compilação de Dados de Projetos Anteriores	13
2.2.3	Aquisição de Imagens de Satélite	14
2.2.4	Sistematização das Informações	15
2.2.5	Levantamento de Campo Sistemático	16
2.2.6	Confecção de Mapas	17
2.2.7	Mapa de Documentação	17
2.2.8	Modelo Digital do Terreno – Hipsometria	18
2.2.9	Mapa de Declividades	18
2.2.10	Mapa do Substrato Rochoso	20
2.2.10.1	Identificação e Sigla das Unidades Litoestratigráficas	21
2.2.10.2	Descrição das Unidades Litoestratigráficas	25
2.2.11	Mapa de Materiais Inconsolidados	35
2.2.12	Mapa de Unidades de Terreno	38
3	SETORIZAÇÃO DE ÁREAS DE RISCOS	55
3.1	Aspectos Metodológicos	55
3.2	Resultados Obtidos	56
4	ORGANIZAÇÃO DE DADOS DIGITAIS	57
	ANEXOS	59

Lista de Anexos

1 – Exemplo de relatório de Setorização de Risco (SR-35)

2 – Mapa de Documentação

3 – Mapa Hipsométrico

4 – Mapa de Declividades

5 – Mapa Geológico

6 – Mapa de Materiais Inconsolidados

7 – Mapa de Unidades de Terreno

1 INTRODUÇÃO

O Projeto de **MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO, SETORIZAÇÃO DE RISCOS E ORGANIZAÇÃO DE DADOS PARA GESTÃO DE RISCOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA** foi desenvolvido com recursos do **Projeto Multissetorial para o Desenvolvimento do Paraná**, Contrato de Empréstimo nº 8201-BR, celebrado em 12/12/2013 entre o Paraná e o Banco Internacional para a Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD. Seguem os dados de identificação do Projeto:

- **Contratante:** Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA.
- **Fiscalização:** Serviço Geológico do Paraná – MINEROPAR (extinta em dezembro de 2016). Sucedida pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná – ITCG (Diretoria de Geologia).
- **Contratada:** BDL Andes Consultoria Geológica Ltda. (Razão Social). CNPJ: 13.677.300/0001-51. Nome Fantasia: Andes Geologia e Meio Ambiente.
- **Pregão eletrônico:** 05/2016, realizado pela SEMA.
- **Valor de contrato:** R\$ 685.000,00. Obs. A Andes Geologia e Meio Ambiente foi a segunda colocada. A empresa vencedora foi desclassificada por não atender os itens 21.2 e 24.4 (documentação) do Edital.
- **Data de início do Contrato:** 28/09/2016.
- **Data de término:** Terceiro aditivo de prazo, concluído em 28/07/2018.
- **Equipe Executora – Andes Geologia e Meio Ambiente**
 - Geol. Luciano José de Lara (CREA-PR 61.963/D)
 - Geol. Bruno Boleta Marques (CREA-PR 103.473/D)
 - Geol. Diogo Ratacheski (CREA-PR 116.437/D)
 - Geol. Rafael André Pinheiro Witkowski (CREA-PR 132.135/D)
 - Geol. Nilton Cezar Canteri Strada (CREA-PR 97.030/D)
 - Geol. Maurício Brandt Caminha de Carvalho (CREA-PR 103.820/D)
 - Geol. Alexandra Katherina Reck Vieira (CREA-PR 124.564/D)
 - Geol. Gilberto Alves Filho (CREA-PR 164.745/D)

Estagiários de Geologia:

Erwin Lapuse

Nicole Hauari

▪ **Comissão de Fiscalização** (Nomeada pela SEMA).

Geol. Oscar Salazar Jr. (MINEROPAR/ITCG);

Geol. Rogério da Silva Felipe (MINEROPAR/ITCG);

Geol. Edir Edemir Arioli (MINEROPAR/ITCG);

Geol. Diclécio Falcade (MINEROPAR/ITCG);

Eng. Victor Hugo Fucci (SEMA).

2 MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO – NOTA EXPLICATIVA

2.1 Área de Mapeamento

A região estudada neste Projeto de mapeamento geológico-geotécnico, setorização de riscos e organização de dados engloba o Núcleo Urbano Central da Região Metropolitana de Curitiba - RMC (Figura 01).

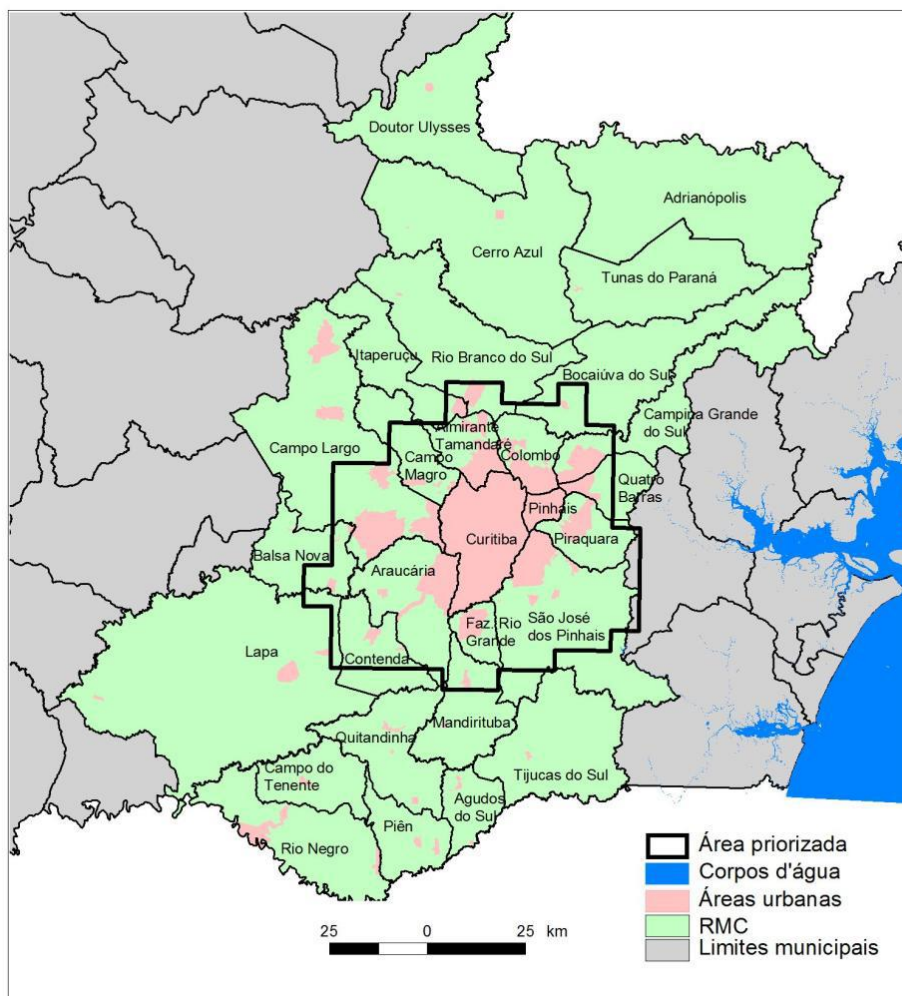


Figura 01: Polígono da área total de mapeamento integrado na Região Metropolitana de Curitiba (Fonte: ITCG).



A Figura 02 representa os setores mapeados anteriormente e as áreas do atual Projeto, perfazendo 1.576,602 km² (em setores descontínuos). O polígono de mapeamento se sobrepõe aos perímetros urbanos de 18 municípios: Curitiba, Campo Largo, Campo Magro, Almirante Tamandaré, Itaperuçu, Rio

Branco do Sul, Colombo, Bocaiúva do Sul, Campina Grande do Sul, Quatro Barras, Pinhais, Piraquara, São José dos Pinhais, Fazenda Rio Grande, Mandirituba, Araucária, Contenda e Balsa Nova.

Os municípios da Lapa, Quitandinha e Tijucas do Sul têm porções de seus territórios na abrangência deste Projeto, mas não as sedes municipais.

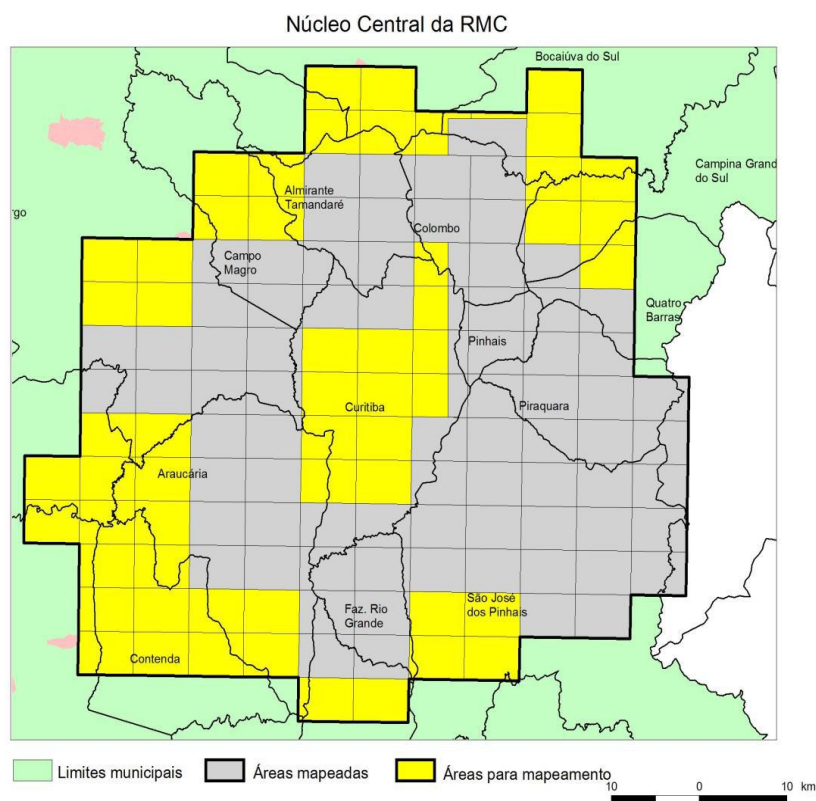


Figura 02: Áreas mapeadas anteriormente em cinza e em amarelo, as mapeadas no presente projeto (Fonte: ITCG)



Parte do Núcleo Central já foi coberto por mapeamentos realizados pela MINEROPAR, em convênio com a COMEC, no período de 1993 a 1999, com o objetivo de caracterizar o meio físico para subsidiar a expansão urbana no entorno de Curitiba. Estes mapeamentos foram retomados em 2012 pela MINEROPAR na região leste (Campina Grande do Sul, Quatro Barras, Pinhais, Piraquara e São José dos Pinhais).

Na Figura 03 estão representadas as áreas mapeadas na articulação das cartas topográficas 1:10.000 e 1:20.000.

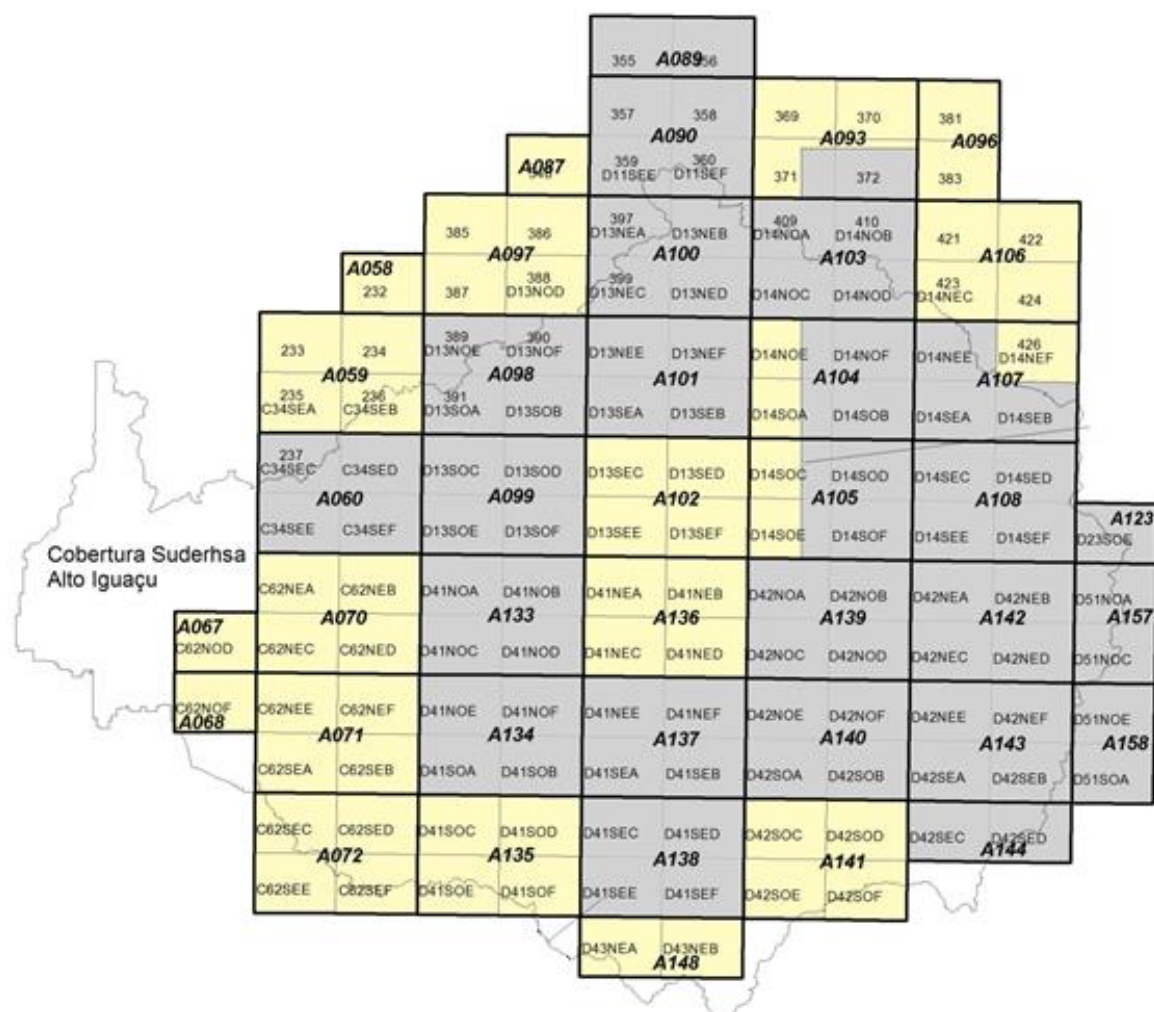


Figura 03: Articulações mapeadas no presente Projeto em amarelo (Fonte: ITCG)



A Tabela 01 relaciona as articulações 1:10.000 MI (Mapa índice, a nomenclatura usada pelo sistema cartográfico nacional do IBGE) das áreas mapeadas com as suas equivalentes na mesma escala da COMEC (Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba) e da SUDERHSA (antiga Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, hoje Instituto das Águas do Paraná). Também indica a designação na articulação COMEC 1:20.000 e seus limites cardeais em coordenadas geográficas e em UTM, Datum Sirgas 2000.

Com exceção das cartas COMEC: 371, 372, 413, 415, 417 e 419, mapeadas nesse Projeto parcialmente, todas as outras articulações listadas foram mapeadas na sua totalidade.

MI	COMEC 10	SUDERHSA 10	COMEC 20	Lon. Min. (W)	Lon. Max. (E)	Lat. Min. (S)	Lat. Max. (N)	X Min. (W)	X Max. (E)	Y. Min. (S)	Y Max. (N)
2856-2-NO-D	268	C62NOD	A067	-49,6875	-49,6250	-25,5833	-25,5417	631.819	638.145	7.169.742	7.174.421
2856-2-NO-F	270	C62NOF	A068	-49,6875	-49,6250	-25,6250	-25,5833	631.773	638.097	7.165.127	7.169.806
2841-4-NE-E	233		A059	-49,6250	-49,5625	-25,3750	-25,3333	638.335	644.674	7.192.750	7.197.431
2841-4-SE-A	235	C34SEA	A059	-49,6250	-49,5625	-25,4167	-25,3750	638.288	644.624	7.188.135	7.192.816
2856-2-NE-A	277	C62NEA	A070	-49,6250	-49,5625	-25,5417	-25,5000	638.145	644.475	7.174.291	7.178.972
2856-2-NE-C	279	C62NEC	A070	-49,6250	-49,5625	-25,5833	-25,5417	638.097	644.425	7.169.676	7.174.357
2856-2-NE-E	281	C62NEE	A071	-49,6250	-49,5625	-25,6250	-25,5833	638.049	644.375	7.165.061	7.169.742
2856-2-SE-A	283	C62SEA	A071	-49,6250	-49,5625	-25,6667	-25,6250	638.001	644.325	7.160.446	7.165.127
2856-2-SE-C	285	C62SEC	A072	-49,6250	-49,5625	-25,7083	-25,6667	637.953	644.275	7.155.831	7.160.512
2856-2-SE-E	287	C62SEE	A072	-49,6250	-49,5625	-25,7500	-25,7083	637.905	644.225	7.151.216	7.155.897
2841-4-NE-D	232		A058	-49,5625	-49,5000	-25,3333	-25,2917	644.674	651.016	7.197.296	7.201.980
2841-4-NE-F	234		A059	-49,5625	-49,5000	-25,3750	-25,3333	644.624	650.965	7.192.681	7.197.365
2841-4-SE-B	236	C34SEB	A059	-49,5625	-49,5000	-25,4167	-25,3750	644.574	650.913	7.188.066	7.192.750
2856-2-NE-B	278	C62NEB	A070	-49,5625	-49,5000	-25,5417	-25,5000	644.425	650.757	7.174.221	7.178.906
2856-2-NE-D	280	C62NED	A070	-49,5625	-49,5000	-25,5833	-25,5417	644.375	650.705	7.169.606	7.174.291
2856-2-NE-F	282	C62NEF	A071	-49,5625	-49,5000	-25,6250	-25,5833	644.325	650.653	7.164.991	7.169.676
2856-2-SE-B	284	C62SEB	A071	-49,5625	-49,5000	-25,6667	-25,6250	644.275	650.601	7.160.376	7.165.061
2856-2-SE-D	286	C62SED	A072	-49,5625	-49,5000	-25,7083	-25,6667	644.225	650.548	7.155.761	7.160.446
2856-2-SE-F	288	C62SEF	A072	-49,5625	-49,5000	-25,7500	-25,7083	644.174	650.496	7.151.146	7.155.831
2842-3-NO-A	385		A097	-49,5000	-49,4375	-25,2917	-25,2500	651.016	657.363	7.201.839	7.206.526
2842-3-NO-C	387		A097	-49,5000	-49,4375	-25,3333	-25,2917	650.965	657.310	7.197.224	7.201.911
2857-1-SO-C	537	D41SOC	A135	-49,5000	-49,4375	-25,7083	-25,6667	650.496	656.822	7.155.688	7.160.376
2857-1-SO-E	539	D41SOE	A135	-49,5000	-49,4375	-25,7500	-25,7083	650.444	656.768	7.151.073	7.155.761
2842-1-SO-F	348		A087	-49,4375	-49,3750	-25,2500	-25,2083	657.363	663.715	7.206.379	7.211.069
2842-3-NO-B	386		A097	-49,4375	-49,3750	-25,2917	-25,2500	657.310	663.659	7.201.764	7.206.454
2842-3-NO-D	388	D13NOD	A097	-49,4375	-49,3750	-25,3333	-25,2917	657.256	663.603	7.197.149	7.201.839
2857-1-SO-D	538	D41SOD	A135	-49,4375	-49,3750	-25,7083	-25,6667	656.768	663.096	7.155.613	7.160.303
2857-1-SO-F	540	D41SOF	A135	-49,4375	-49,3750	-25,7500	-25,7083	656.713	663.039	7.150.997	7.155.688
2842-3-SE-C	405	D13SEC	A102	-49,3750	-49,3125	-25,4583	-25,4167	663.379	669.722	7.183.226	7.187.919
2842-3-SE-E	407	D13SEE	A102	-49,3750	-49,3125	-25,5000	-25,4583	663.322	669.664	7.178.611	7.183.304
2857-1-NE-A	541	D41NEA	A136	-49,3750	-49,3125	-25,5417	-25,5000	663.266	669.605	7.173.995	7.178.689
2857-1-NE-C	543	D41NEC	A136	-49,3750	-49,3125	-25,5833	-25,5417	663.209	669.547	7.169.380	7.174.074
2857-3-NE-A	589	D43NEA	A148	-49,3750	-49,3125	-25,7917	-25,7500	662.926	669.252	7.146.303	7.150.997
2842-3-SE-D	406	D13SED	A102	-49,3125	-49,2500	-25,4583	-25,4167	669.664	676.009	7.183.145	7.187.841
2842-3-SE-F	408	D13SEF	A102	-49,3125	-49,2500	-25,5000	-25,4583	669.605	675.949	7.178.529	7.183.226
2857-1-NE-B	542	D41NEB	A136	-49,3125	-49,2500	-25,5417	-25,5000	669.547	675.888	7.173.914	7.178.611
2857-1-NE-D	544	D41NED	A136	-49,3125	-49,2500	-25,5833	-25,5417	669.488	675.827	7.169.298	7.173.995
2857-3-NE-B	590	D43NEB	A148	-49,3125	-49,2500	-25,7917	-25,7500	669.193	675.522	7.146.221	7.150.918
2842-2-SO-C	369		A093	-49,2500	-49,1875	-25,2083	-25,1667	676.311	682.671	7.210.753	7.215.451
2842-2-SO-E	371		A093	-49,2500	-49,1875	-25,2500	-25,2083	676.251	682.609	7.206.138	7.210.836
2842-4-NO-E	413	D14NOE	A104	-49,2500	-49,1875	-25,3750	-25,3333	676.070	682.422	7.192.292	7.196.991
2842-4-SO-A	415	D14SOA	A104	-49,2500	-49,1875	-25,4167	-25,3750	676.009	682.359	7.187.676	7.192.375
2842-4-SO-C	417	D14SOC	A105	-49,2500	-49,1875	-25,4583	-25,4167	675.949	682.297	7.183.061	7.187.760
2842-4-SO-E	419	D14SOE	A105	-49,2500	-49,1875	-25,5000	-25,4583	675.888	682.234	7.178.445	7.183.145
2857-2-SO-C	561	D42SOC	A141	-49,2500	-49,1875	-25,7083	-25,6667	675.583	681.919	7.155.368	7.160.068
2857-2-SO-E	563	D42SOE	A141	-49,2500	-49,1875	-25,7500	-25,7083	675.522	681.855	7.150.752	7.155.452
2842-2-SO-D	370		A093	-49,1875	-49,1250	-25,2083	-25,1667	682.609	688.971	7.210.667	7.215.368
2842-2-SO-F	372		A093	-49,1875	-49,1250	-25,2500	-25,2083	682.547	688.907	7.206.051	7.210.753
2857-2-SO-D	562	D42SOD	A141	-49,1875	-49,1250	-25,7083	-25,6667	681.855	688.193	7.155.280	7.159.983
2857-2-SO-F	564	D42SOF	A141	-49,1875	-49,1250	-25,7500	-25,7083	681.792	688.128	7.150.664	7.155.368
2842-2-SE-C	381		A096	-49,1250	-49,0625	-25,2083	-25,1667	688.907	695.272	7.210.577	7.215.282
2842-2-SE-E	383		A096	-49,1250	-49,0625	-25,2500	-25,2083	688.843	695.205	7.205.962	7.210.667
2842-4-NE-A	421		A106	-49,1250	-49,0625	-25,2917	-25,2500	688.778	695.139	7.201.346	7.206.051
2842-4-NE-C	423	D14NEC	A106	-49,1250	-49,0625	-25,3333	-25,2917	688.714	695.072	7.196.731	7.201.436
2842-4-NE-B	422		A106	-49,6250	-49,0000	-25,2917	-25,2500	695.072	701.435	7.201.254	7.205.962
2842-4-NE-D	424		A106	-49,6250	-49,0000	-25,3333	-25,2917	695.006	701.367	7.196.638	7.201.346
2842-4-NE-F	426	D14NEF	A107	-49,6250	-49,0000	-25,3750	-25,3333	694.939	701.298	7.192.022	7.196.731

Tabela 01: Articulações 1:10.000 mapeadas com suas nomenclaturas correspondentes e limites em formato de Coordenadas geográficas e UTM Sirgas 2000 (Fonte: Acervo Andes)

2.2 ATIVIDADES REALIZADAS

No decorrer dos trabalhos foram realizadas as etapas descritas a seguir.

2.2.1 Revisão Bibliográfica.

Nesse estágio do estudo foram lidos os artigos, teses e dissertações de referência elaborados na região do mapeamento. Em seguida, as informações mais relevantes foram classificadas e organizadas. Dados geocronológicos de diferentes projetos foram ordenados, assim como atitudes de planos, direções de tensões e proposições geológicas (Tabela 02):

TECTÔNICA	EM (m.a.)	FIM (m.a.)	DADO
Ciclo Brasileiro I - Início dos processos colisionais (convergências e subducções) - Gondwana	700	600	Formação Capiu (Fassbinder, 1999)
	700	750	Magmatismo cálcio-alcalino da Suíte Rio Piên, geradas em um arco magmático (Basei e Mancini, 219)
	700	800	Grupo Brusque - Metamorfismo do Grupo Brusque (Kaul, 13) (Basei, 1996)
	765	900	Faixa Itaiacoca (Cury, 24)
	770		Ciclo Brasileiro - Evento colisional precoce (CPRM)
	800	850	Complexo Atuba - Início da subducção do Domínio Curitiba para baixo do Cinturão Ribeira durante a Orogênese do Brasileiro (Figueiredo, 1995)
	800	850	Início da subducção da Microplaca Curitiba sob o Cinturão Ribeira (Basei e Mancini, 216)
	825	1000	Primeira fase de deformação nas rochas do Grupo Açungui (Fm. Capiu e Votuverava) (Fiori, 145)
	900	700	Formação Votuverava (Fassbinder, 1999)
	875	950	Ciclo Brasileiro - Regime extensional com formação de bacias do tipo rifte (CPRM)
	800	900	Ciclo Brasileiro I - Início dos processos colisionais (Hasui, 141)

Tabela 02: Exemplo da organização de parte dos artigos consultados (Fonte: Acervo Andes)



2.2.2 Compilação de Dados de Projetos Anteriores

Nesta atividade foram transcritos dados de caderneta dos Projetos executados pela MINEROPAR na área de mapeamento integrado até o ano de 1999. No total, transcreveram-se 4.442 pontos de descrição geológica em 1.682 páginas de anotações (Figura 04). Também foram obtidos dados de sondagens executadas por empresas de engenharia e construções.

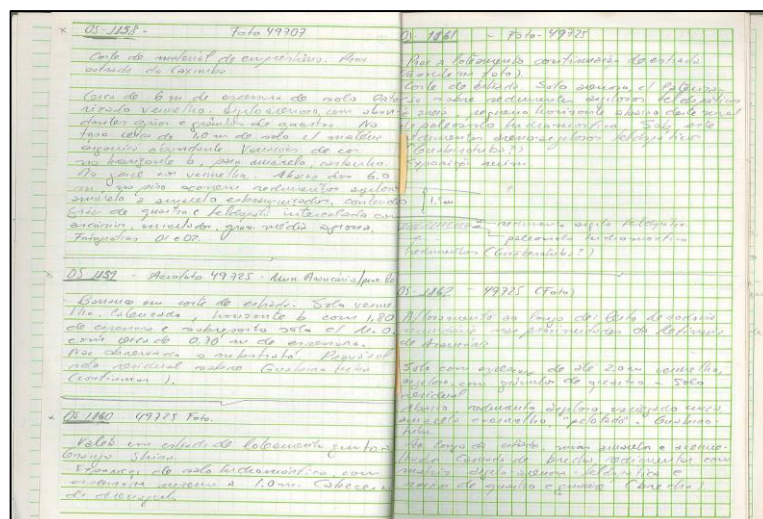


Figura 04: Aspecto de caderneta com afloramento descrito (Fonte: ITCG)



A Figura 05 mostra um trecho da transcrição das cadernetas para o meio digital.

OS 1161 Foto – 49725

Próximo a loteamento, continuação da estrada (não existe na foto).

Corte de estrada. Solo arenoso com laterização sobre sedimentos argilosos feldspáticos e areia; pequeno horizonte abaixo deste nível de paleossolo hidromórfico. Sob estes, sedimentos areno-argilosos e feldspáticos (Guabirotuba?). Exposição ruim.

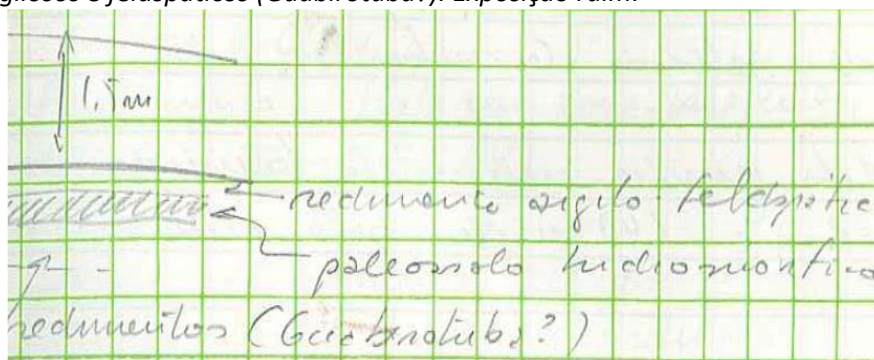


Figura 05: Transcrição da caderneta para o meio digital (Fonte: Acervo Andes)



2.2.3 Aquisição de Imagens de Satélite

Esse procedimento envolveu o georreferenciamento de imagens *Digitalglobe* mais recentes das áreas mapeadas. Isso permitiu a vetorização das vias existentes da maneira mais atualizada e consequentemente um melhor planejamento das atividades de campo posteriores.

2.2.4 Sistematização das Informações

Cada afloramento/estrato foi descrito nos seguintes termos:

- Identificação do ponto e sua localização (município, localidade, data, coordenadas X, Y, Z e datum);
- Os aspectos físicos do afloramento como: tipo de afloramento, a ocupação existente na região e o tipo de vegetação;
- Intervalo do solo descrito e o seu contato com outras camadas;
- Elemento descrito (solos transportados, solos residuais, saprólito, rocha sã e construções);
- Determinação dos tipos de solos residuais e solos transportados;
- Características e parâmetros físicos do solo, composição, arredondamento, esfericidade dos clastos, umidade, consistência e plasticidade do material;
- Cor primária, secundária e distribuição da cor;
- Tipo de rocha (ígneia, sedimentar ou metamórfica), nome, origem, índices, textura, estruturas litológicas e/ou tectônicas e suas medidas, mineralogia, resistência e grau de alteração;
- Unidade litoestratigráfica;
- Condições dos afloramentos para amostragem dos ensaios geotécnicos.

Um exemplo da descrição de um ponto na caderneta de campo encontra-se a seguir na Figura 06.

BB-0256	Campos Longo - Córrego do Urubá - Uberlândia - MG	X: 643.432
24/11	0,0	Solo residual moderado, argilo-til. Y: 7.76.748
Bom pl		for. Consistência média, úmido e um: 914 m
Amostrar		plasticidade. Cor marrom escura.
	0,5	Solo residual pouco, argilo-til for, com grânulos subangulares e com plasticidade pobre. Duro, úmido e de plasticidade baixa a média. Cor castanho avermelhada.
	1,25	Saprolito de conformação (?). Matriz argilo-til for com clastos subangulares arredondados. Duro, úmido e sem plasticidade (baixa). Cor castanho média.
	2,00	Saprolito de rocha granítica, alteração média. Consistência média, úmido e sem plasticidade. Cor castanho escura.
	2,50	bedrock arenoso e compacto. Cor marrom média.
		UBERLÂNDIA
		ATUBA

Figura 06: Caderneta com afloramento descrito (Fonte: Acervo Andes)

Ao padronizar as informações que deveriam constar na descrição de cada extrato geológico, todas as informações de campo foram inseridas em planilhas na forma de atributos e dados georreferenciados (Figura 07).

Attribute	Value
001_ID	BB-0256
004_Z	914
005_DATUM	SAD 69
006_MUNICIPIO	Campo Largo
007_LOCALIDADE	Balbino Cunha
008_DATA	24/11/2016
009_RESP_TECNICO	Geól. Bruno Boletta M.
010_TRABALHO	GEO17.01-SMA-MGG
011_CLIENTE	SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS
012_DADOS_COMPLEMENTARES	
013_TIPO	Corte de estrada
014_SUPERFICIE	Vegatação secundária
015_OCUPACAO	Área com ocupação incipiente
016_DIMENSOES	2,50 m
017_FORMACAO_GEOLOGICA_SUPERFICIAL_(SIGLA_CPRM)	E3N1g
018_FORMACAO_GEOLOGICA_SUPERFICIAL_(CPRM)	Formação Guabirotuba
019_FORMACAO_GEOLOGICA_SUPERFICIAL_(SIGLA_MINEROPAR)	QPg
020_FORMACAO_GEOLOGICA_SUPERFICIAL_(MINEROPAR)	Bacia de Curitiba: Formação Guabirotuba
021_RX_SUPERFICIAL	Conglomerado
022_NAO_DESCRITO_(TOPO)	
023_DESC_E_1-1	0,00 - 0,50 - Solo residual maduro argilo-siltoso com poucos grânulos. Úmido, consist...
024_DESC_E_1-2	
025_DESC_E_1-3	
026_DESC_E_2-1	0,50 - 1,25 - Solo residual jovem argilo-siltoso com poucos grânulos (subangulosos e ...
027_DESC_E_2-2	
028_DESC_E_2-3	
029_DESC_E_3-1	1,25 - 2,00 - Saprólito de conglomerado argilo-siltoso com grânulos (subangulosos e d...
030_DESC_E_3-2	Guabirotuba.
031_DESC_E_3-3	
032_DESC_E_4-1	2,00 - 2,50 - Saprólito de granito-gnaiss silto-arenoso. Úmido, consistência média e d...

Figura 07: Caderneta com dados transcritos para atributos (Fonte: Acervo Andes)



2.2.5 Levantamento de Campo Sistemático

No total foram descritos 6.839 estratos em 4.033 afloramentos analisados com uma distância média de 300 a 400 m entre cada ponto (Figura 08), todos eles com registros fotográficos. Foram coletadas amostras representativas de praticamente todos os saprólitos e rochas encontrados e entregues para a contratante. Nos levantamentos de campo foram feitas perfilagens geológicas, descrição de afloramentos (materiais inconsolidados e rochas) e coletadas amostras e feito registro fotográfico.

As descrições de campo foram feitas em cadernetas específicas fornecidas pela Contratante, que são documentos de acervo do Projeto, entregues ao final dos trabalhos. As informações coletadas foram inseridas em arquivo digital, para organização e uso na geração dos produtos cartográficos (mapas do substrato, de materiais inconsolidados e unidades de terreno).

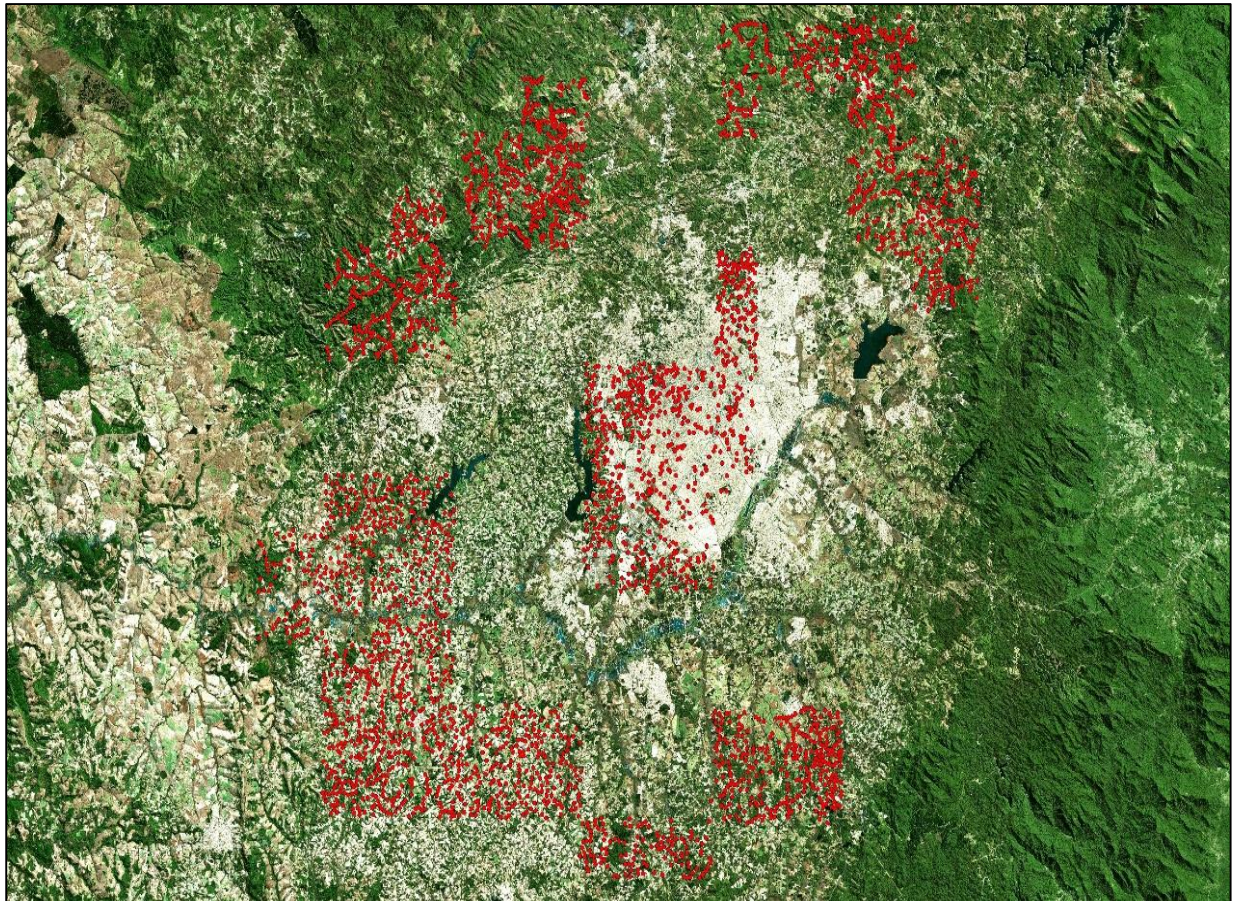


Figura 08: Disposição dos pontos descritos (Fonte: Acervo Andes)



2.2.6 Confecção de Mapas

Para elaboração dos mapas básicos foi necessário efetivar uma junção e homogeneização da base cartográfica, com as cartas COMEC e SUDERHSA 1:10.000, Pró-Atlântica 1:25.000 e DSG, 1:50.000 e dados Aster GDEM. Em parte da área foi necessária uma atualização da base existente. Para os mapas de documentação, estradas vicinais foram vetorizadas, assim como localidades, drenagens e edificações de interesse relevante. Sobre esta base única foram gerados os temas que serão descritos a seguir, considerando os aspectos principais elementos relativos à geração dos mapas requeridos para o Projeto.

2.2.7 Mapa de Documentação

A documentação neste Projeto refere-se ao registro georreferenciado de descrições de campo, sondagens de diversos tipos, amostras, ensaios geotécnicos. A estes pontos estão ligadas as descrições contidas nas cadernetas de campo, além da documentação fotográfica e outros aspectos (Mapa no Anexo 2).

2.2.8 Modelo Digital do Terreno - Hipsometria

Para obtenção do mapa de hipsometria foi feita inicialmente a geração do MDT, com os pontos cotados e curvas de nível das bases 1:10.000. O modelo foi gerado em células com o software ArcGis, com resolução de 5 m, em função da escala de mapeamento. Para obter resultado homogêneo foi necessário processar o conjunto de dados altimétricos no polígono global do Projeto (3.973 km²). Na representação das altitudes, foram adotados intervalos de 100 m (Mapa no Anexo 3).

2.2.9 Mapa de Declividades

Para a confecção dos mapas de declividade e geomorfológico (hipsométrico e de relevo sombreado – *Hillshade*) foi necessário integrar os levantamentos topográficos existentes na área de mapeamento. Foram utilizadas as bases COMEC 1:10.000 na região norte do mapeamento e SUDERHSA 1:10.000 na porção central e sul. Conforme mostra a Figura 09 os setores mais ao sul (em azul) não possuem base topográfica em escala de mais detalhe do que 1:50.000, sendo necessário a aquisição de dados de elevação ASTER GDEM com resolução de 1 arco-segundo (aproximadamente 30 metros).

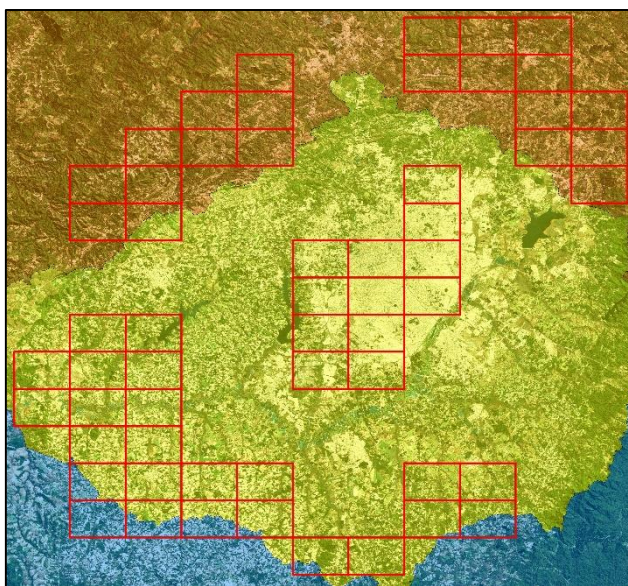


Figura 09: Área mapeada com a região dos dados da COMEC em laranja, da SUDERHSA em amarelo e ASTER em azul (Fonte: Acervo Andes)



A região da junção dos dados topográficos foi interpolada pelo método da krigagem para a haver a melhor união possível entre os levantamentos. Com a base topográfica organizada, foi gerado um modelo tridimensional do terreno (MDT), de forma contínua em toda a área considerada (3.973 km²). Esse, com a iluminação composta por 360 fontes de direção de luz (uma para cada grau), propiciou uma visualização bem nítida do relevo sombreado (*Hillshade*), sem a indução de estruturas que podem ocorrer dependendo do reduzido número de fontes de iluminação em direção concordante (Figuras 10 e 11).

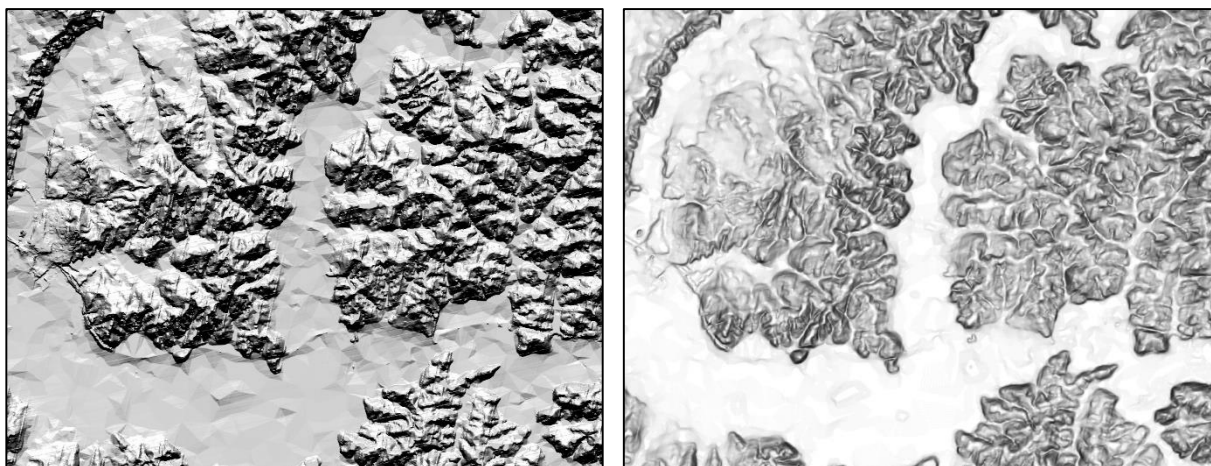


Figura 10: Relevo sombreado com somente uma direção de iluminação.

Figura 11: Relevo sombreado com 360 direções de iluminação (Fonte: Acervo Andes).



O modelo tridimensional permitiu também a elaboração dos mapas de declividade que foram classificados em 7 (sete) intervalos, em porcentagem (Mapa no Anexo 4):

0 – 2,5	2,5 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 45	> 45%
---------	---------	--------	---------	---------	---------	-------

Uma nova abordagem foi dada ao mapa de declividades. Ao invés de separar em polígonos os intervalos acima citados, eles foram agrupados em faixas de isovalores, semelhante às curvas de nível de um mapa topográfico, só que nesse caso, as curvas são os limites dos intervalos (Figuras 12 e 13).

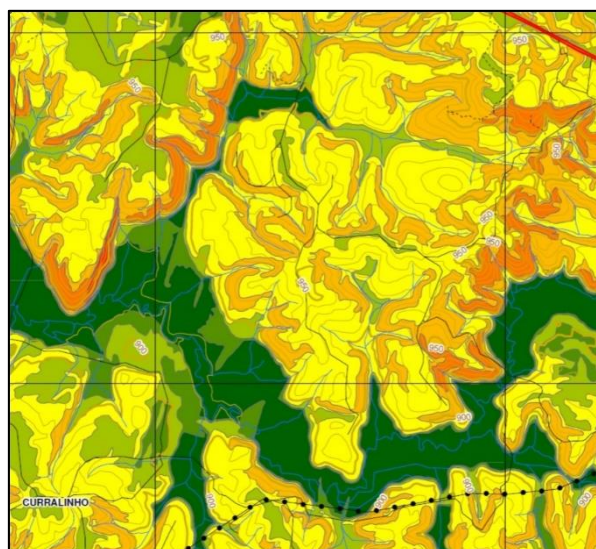
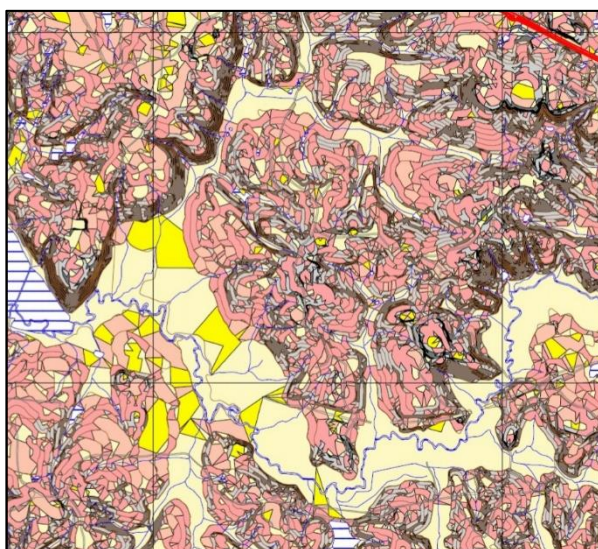


Figura 12: Declividade delimitada por polígonos de mesmo intervalo de classe.

Figura 13: Declividade agrupada em faixas de isovalores na forma de contornos (Fonte: Acervo Andes)



Essa abordagem de delimitação por regiões de isovalores também produz uma representação mais realista da declividade do terreno. Enquanto no modelo anterior, classes de declividade não sucessivas eram posicionadas lado a lado (ex.: 0 – 2,5% junto com inclinações superiores a 45%), no atual modelo há toda uma transição entre os intervalos em sua sequência natural (ex.: saindo da declividade 0 – 2,5%, atravessa-se o intervalo 2,5 – 5%, o 5 – 10% e toda a sua sucessão até chegar as inclinações superiores a 45%). Porções de isovalores com área inferior a 1.000 m² foram descartadas pois são pouco significantes na escala do mapeamento e sua representação nas cartas comprometem a melhor visualização das informações.

Paralelamente à coleta de dados em campo, foram tratadas as bases georreferenciadas existentes. No aspecto geológico, os mapas existentes eram de um detalhamento menor na região do Projeto executado, demandando um esforço de consulta e comparação com os mapas existentes, dados geofísicos e informações coletadas no campo.

2.2.10 Mapa do Substrato Rochoso

Para a confecção do mapa ou geológico ou de substrato rochoso (tratados aqui como sinônimos), como referido, foram tomados pontos com distância média entre os registros de 300 a 400 m. Essa alta densidade de pontos acarretou, principalmente na porção sul do mapeamento, numa grande quantidade de descrições com material bastante alterado, comuns nessa região. São as rochas mais antigas, pertencentes ao Complexo Granítico-Gnáissico (Embasamento Cristalino), com mais de 2 bilhões de anos, extremamente alteradas em superfície. Os saprólitos aqui descritos preservam poucas características distintivas, dificilmente observa-se alguma estrutura ou minerais, levando a uma grande generalização histórica no mapeamento dessas rochas.

Entretanto, em 2016 a CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil) começou a disponibilizar mapas aerogeofísicos de seu acervo para consulta pública em formato GEOTIFF, com resolução de 300 dpi. O Projeto 1095 realizado entre 2009 e 2011 resultou em dados magnetométricos e gamaespectrométricos cobrindo a área mapeada. Essas informações possibilitaram uma visualização de grandes contrastes de sinal nas rochas do embasamento, indicando possíveis diferenciações nas rochas do Embasamento Cristalino, não observadas em mapeamentos anteriores.

As Figuras 14 e 15 mostram exemplos do uso destes dados aerogeofísicos e a sua resposta no delineamento das unidades e estruturas, especialmente na região do Embasamento onde a complexidade da geologia é muito grande. Assim, grande parte do processo de revisão e interpretação da cartografia geológica foi conduzido neste Projeto com base estes dados, permitindo ainda comparar os mapeamentos disponíveis na literatura geológica e resolver eventuais discrepâncias entre eles.

Pode-se afirmar que estes contrastes foram determinantes para a interpretação e definição da geologia em regiões complexas para a elaboração do mapa de substrato rochoso.

O mapa do substrato rochoso encontra-se no Anexo 5.

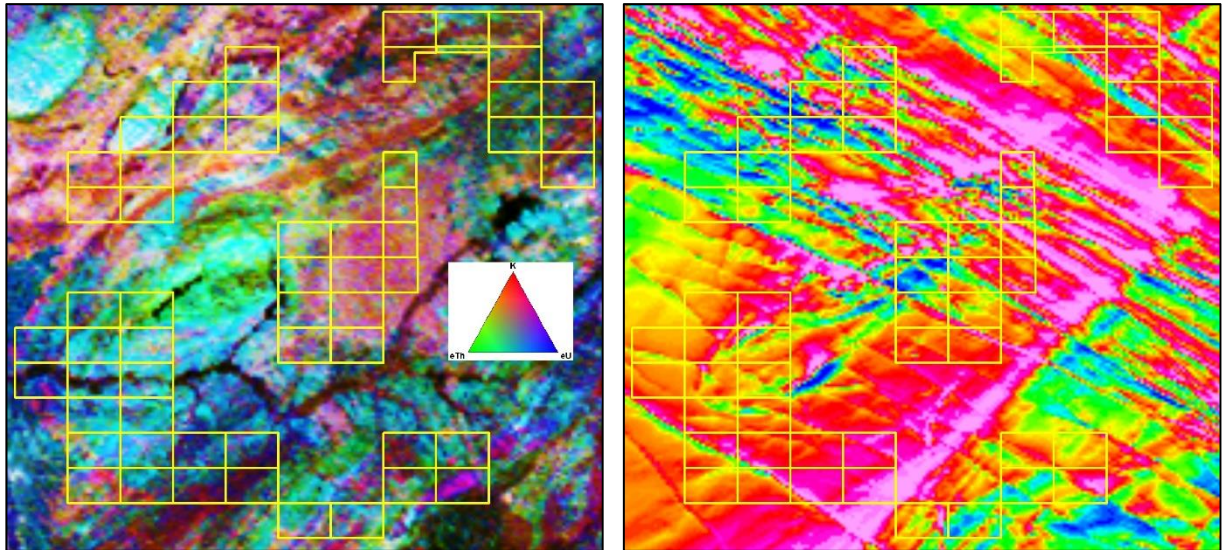


Figura 14 : Gamaespectrometria da área mapeada com os teores de U (azul), Th (verde) e K (vermelho).

Figura 15: Magnetometria do campo magnético anômalo (CMA) da área mapeada com os valores de intensidade mais altos em magenta e os de menor intensidade em azul (Fonte: CPRM)



2.2.10.1 identificação e Sigla das Unidades Litoestratigráficas

QUATERNÁRIO - HOLOCENO

Sedimentos Recentes

Qha - Sedimentos de deposição fluvial (aluviões), com areias, siltes, argilas e cascalhos, depositados em canais, barras e planícies de inundação. Aluviões indiferenciados (areias, argilas e cascalhos).

QHa1 - Aluviões antigos (terraços).

QUATERNÁRIO - PLEISTOCENO

Formação Guabirotuba

QPg - Argilas, arcósios, areias e cascalhos.

MESOZÓICO

Grupo São Bento

JKdb - Diques básicos em geral, incluindo basaltos, diabásios, gabros e dioritos pórfiros, associadas à Formação Serra Geral.

PERMIANO-DEVONIANO

Grupo Paraná

Df - Formação Furnas - Arenitos brancos, de granulação média a grossa, micáceos, feldspáticos, de matriz caulínica e estratificação cruzada com níveis conglomeráticos.

ORDOVICIANO-CAMBRIANO

Formação Guaratubinha

Egs - Sequência sedimentar: arcósios, siltitos, argilitos e conglomerados.

PROTEROZÓICO SUPERIOR-CAMBRIANO

Formação Camarinha

PEcg - Conglomerados polimíticos com matriz arcossiana e arenitos arcossianos.

PEcs - Siltitos, siltitos argilosos, argilitos e arenitos arcossianos.

Suíte Sieno Granitos

PEgg1 - Granito Cerne.

PEgg5 - Granito Rio Abaixo.

Suíte Álcali-Granitos (Serra do Mar)

PEg1 - Granito Anhangava.

PEg8 - Granito Agudos do Sul.

PEg9 - Granito Alto da Boa Vista.

PEg10 - Granito Balsa Nova.

PEg11 - Granito Campestrinho.

PEg12 - Granito Contenda.

PEg13 - Granito Mandirituba.

PEg 14 - Granito Pedágio.

PEg15 - Granito Roça Velha.

PEg16 - Granito Santana.

PEg17 – Granito Marcelino.

PEg18 – Granito Retiro.

PEg19 – Granito Campo do Capão.

PEg20 – Granito São Miguel.

PEg21 – Granito Lima.

PEg22 – Granito Passa Passa.

PEg23 – Granito Serrinha.

PEg24 – Granito Paiol.

PEg25 – Granito Antinha.

PEg26 – Granito Ribeirão do Meio.

Suite Rio Piên (595 – 620 Ma) (Proterozóico Superior / Cambriano)

APImggsrp - Granito Gnaiss.

APImgnsrp – Gnaiss.

APImgafsrp – Anfibolito.

PROTEROZÓICO SUPERIOR

GRUPO AÇUNGUI

Formação Votuverava

PSavc - Mármore impuros, metacalcários calcíticos, filitos e metassedimentos clásticos não diferenciados.

PSavc1 - Rochas calciossilicáticas, xistosas, cor verde escura, com bandas mais claras, granulação fina a média.

PSavq - Quartzitos, as vezes micáceos, metaarenitos e metarcósios, com frequentes intercalações de metassiltitos e metarritmitos.

PSavg - Metaconglomerados.

PSavf - Filitos e xistos.

PSmb - Metabasitos, anfibolitos e anfibólio xistos.

Formação Capiru

PSacm - Metassedimentos siltico-argilosos, incluindo metassiltitos, filitos, filitos grafitosos, metarritimitos, ardósias, sericita xistos, quartzo-sericita xistos.

PSacd - Mármore dolomíticos e metadolomitos com finas intercalações de quartzitos e metacherts.

PSacq - Quartzitos, metarenitos e metarcósios.

PROTEROZÓICO MÉDIO

GRUPO SETUVA

Formação Água Clara

PMsac - Fácies carbonático (Serrinha): cálcio xistos (clorita, biotita, flogopita, muscovita, tremolita, actinolita), mármore puros e impuros e micaxistos.

Formação Perau

PMspx - Quartzo-biotita-muscovita xistos e sericita xistos, com intercalações de xistos com plagioclásio, granada e anfibólio.

PMspc2 - Metacalcários calcíticos e rochas calciossilicáticas de cor cinza clara a esverdeada.

PMspq - Quartzitos finos equigranulares, brancos laqueados ou xistosos, por vezes micáceos.

Formação Betara

PMspc - Intercalações de metacalcários calcíticos, metadolomitos e cálcio xistos com biotita, muscovita e tremolita.

PMspq1 - Quartzitos puros, quartzitos micáceos e quartzo xistos, com frequentes impregnações de óxido de ferro, de granulometria média a fina, mal selecionados.

ARQUEANO - PROTEROZÓICO INFERIOR

Complexo Gnáissico-Migmatítico

APIg2 (Granito Guajuvira).

APIg3 (Granito Miringuava/São José dos Pinhais).

APIg12 (Granito Rondinha).

Complexo Gnáissico-Migmatítico (Atuba)

APImge (Unidade Gnáissica).

APImgeaf (Unidade anfibolítica).

APImgemg (Unidade Migmatítica).

APImgex (Unidade Xistosa).

APImgeq (Unidade Quartzítica).

APImgex (Unidade granulítica Santa Catarina).

Complexo Metamórfico Indiferenciado

Complexo Meia Lua

APIrmg - Gnaisses fitados dominantes, xistos feldspáticos com gradação para quartzitos, anfibolitos e metabasitos.

2.2.10.2 Descrição das Unidades Litoestratigráficas

Complexo Gnáissico-Migmatítico (Pcgm)

O Complexo Gnáissico Migmatítico é a unidade mais extensa da RMC, constituído por migmatitos estromatíticos, augen-gnaisses, gnaisses graníticos, gnaisses fitados, rochas meta-ultrabásicas, metabasitos, anfibolitos e quartzitos. O mapa geológico da MINEROPAR (1999), executado como parte do mapeamento geológico-geotécnico da RMC, identifica três subunidades dentro deste complexo: rochas metaultramáficas (Pcgm_u), quartzitos e quartzo-xistos (Pcgm_q) e migmatitos bandados (Pcgm).

A primeira subunidade aflora no extremo NW do município de Araucária, como uma intercalação de rochas ultramáficas aos gnaisses e migmatitos, na forma de camadas decimétricas a métricas, compostas de serpentinito, talco-xisto, peridotito serpentinizado e norito. Esta assembléia litológica é interpretada como remanescente deformado de um complexo intrusivo máfico-ultramáfico (CPRM, 1988). Os quartzitos e quartzo-xistos associam-se principalmente aos lineamentos tectônicos, podendo ter origem cataclástica e hidrotermal, isto é, por fragmentação de rochas pré-existentes e recristalização do quartzo. Os migmatitos bandados (estromáticos) apresentam paleossoma de gnaiss anfibolítico (hornblenda-gnaiss, biotita-hornblenda gnaiss), metamáficas e metaultramáficas, e neossoma de composição quartzo-feldspática em bandas e injeções pegmatóides. Estas litologias são acompanhadas de milonitos, blastomilonitos e rochas policíclicas, migmatizadas durante os ciclos Transamazônico e Brasileiro (MINEROPAR, 1999). Nas folhas localizadas a SE de Curitiba, junto à base das encostas ocidentais da Serra do Mar, foram descritas duas associações: migmatitos estromáticos com paleossoma de biotita-hornblenda gnaiss, mica-quartzo xisto, ultrabasito e anfibolito; e migmatitos oftálmicos com paleossoma de biotita-gnaiss e hornblenda-gnaiss, localmente quartzito (MINEROPAR, 2015).

De Bocaiúva do Sul até Araucária, predominam gnaisses bandados, migmatíticos, com mesossoma de biotita-anfibólio gnaisses e leucossoma de composição tonalito-granodiorítica. Na porção meridional do domínio são mais abundantes os gnaisses migmatíticos bandados, de composição granítico-granodiorítica. São frequentes as intercalações de corpos anfibolíticos, por vezes granatíferos, bem como de xistos magnesianos, desde lentes centimétricas até corpos métricos. São comuns feições relacionadas a uma segunda fase de migmatização, com mobilizados de feldspato róseo, concordantes ou não ao bandamento gnáissico.

As rochas granitoides deste compartimento mostram composições quartzo-monzoníticas, quartzo-monzodioríticas, granodioríticas e monzograníticas, pertencentes às séries cálcio-alcálica granodiorítica de médio potássio e cálcio-alcálica de alto potássio. Feições mineralógicas e geoquímicas conduzem a uma interpretação que estes granitoides foram formados em ambiente de arco vulcânico. Harara (1996) manteve a denominação original de Suíte Granítica Milonítica Rio Piên, estabelecendo novos limites, como uma faixa de orientação geral N40o-50oE, com no máximo 22 km de largura. Granodioritos, quartzo-monzodioritos e subordinadamente monzogranitos, representando uma série magmática calcioalcálica-granodiorítica de médio potássio. É notável a presença de blocos ou lentes de serpentinitos, gnaisses anfibolíticos e xistos magnesianos, como enclaves nos granitoides.

A foliação NE-SW constitui o principal padrão estrutural, marcado pelo achatamento e estiramento dos minerais. Estes gnaisses limitam-se na porção meridional através de uma zona de cisalhamento, o lineamento Mandirituba-Piraquara, com uma suíte de granitoides heterogeneamente deformados, designados por Machiavelli (1991) de Suíte Granítica Milonítica Rio Piên. Estes granitoides balizam o limite SSE do complexo e foram interpretados como pertencentes às raízes de um arco magmático do Proterozóico Superior.

Harara (1996) sugere que o desenvolvimento desta foliação poderia estar associado, ao seu início, a uma tectônica de cavalgamento de NNW para SSE, em direção aos gnaisses do sul. Esta tectônica teria evoluído para condições de transcorrência, com reativação de caráter essencialmente rúptil dextral, após a colocação do granito Agudos, demonstrada pela presença de estrias de falha sub-horizontais na direção NE-SW, deslocamento do granito Agudos ao longo da zona de cisalhamento de Piên e desenvolvimento de forte traçado de clivagem de fratura. Os dados geocronológicos indicam que a foliação milonítica foi desenvolvida durante o Proterozóico Superior, possuindo caráter heterogêneo e não-coaxial, sob condições físico-químicas da fácies xisto verde, zona da biotita até o limite inferior da fácies anfibolito e associada a movimentos tectônicos mencionados acima.

Complexo Granítico-Gnáissico (Pcgg)

Os terrenos deste domínio geológico foram reconhecidos inicialmente por Bigarella e Salamuni (1959a), Fuck et al. (1968), Fuck et al. (1967a, 1967b), que descreveram as associações litológicas e suas relações estruturais.

Entre os seus litotipos predominam anfibólio-biotita-granitoides porfiríticos, tendo como encaixantes xistos aluminosos, sequências paragnáissicas com biotita-gnaisses, mica-xistos, quartzitos, com frequentes intercalações de anfibolitos e unidades de ortognaisses. Faixas miloníticas espessas são frequentes em meio aos granitoides. Os tipos mais comuns são gnaisses graníticos e granodioríticos com

frequentes augen-gnaisses, à base de quartzo, plagioclásio, microclínio, biotita e/ou hornblenda. Opacos, zircão, apatita e titanita são os principais minerais acessórios.

Estruturalmente estes granitoides mostram-se heterogeneamente deformados com os megacristais, principalmente de feldspato potássico, na forma de augen. Em certos locais observa-se uma fina clivagem, subordinada às feições ígneas, de fluxo magmático. Faixas miloníticas desenvolvidas a partir de zonas de cisalhamento são frequentes e estão relacionadas a falhas transcorrentes ou de cavalgamento, com sentido de transporte para oeste.

Na porção SE da RMC, predomina o granito São José dos Pinhais-Miranguava, em contato com litologias da Formação Guaratubinha e do Complexo Gnáissico-Migmatítico. O granito apresenta cataclase profunda e generalizada, classificando-se petrograficamente como milonito e protomilonito, de cor cinza-claro, com porfiroblastos oclares de feldspato alcalino e plagioclásio, envolvidos em matriz fina de quartzo, feldspato e biotita, além de caulinita hidrotermal. A foliação anastomosada orienta-se segundo N35o-45oE. Intrusões de corpos pós-tectônicos de álcali-granito e sienogranito ocorrem dentro do mesmo, descritos no item correspondente (MINEROPAR, 2015).

Grupo Setuva (PMs)

Formação Perau (PMsp)

A Formação Perau engloba quartzitos finos, calcioxistos e calcários, quartzo-biotita-muscovita xistos, biotita-xistos, anfibólio-xistos, xistos grafitosos e intercalações de mármore calcíticos e dolomíticos e ainda calco-xistos com biotita e tremolita. No Mapa Geológico do Estado do Paraná, são discriminadas as seguintes associações litológicas dentro desta formação:

- a) Quartzitos finos, equigranulares, brancos, plaqueados ou xistosos, por vezes micaceos;
- b) Calcoxistos e calcários de cor cinza-claro a esverdeado, que hospedam a jazida do Perau;
- c) Quartzo-biotita-muscovita xistos e sericita-xistos com intercalações de xistos com plagioclásio, granada e anfibólio, além de níveis de magnetita capeando os minérios do Perau;
- d) Biotita-xistos, anfibólio-xistos, quartzo-xistos, biotita-muscovita xistos, xistos grafitosos com intercalações locais de quartzito, constituindo a denominada Sequência Perau Indivisa;
- e) Intercalações de mármore calcíticos e dolomíticos e calco-xistos com biotita, muscovita e tremolita.

Nos municípios de Rio Branco do Sul e Bocaiúva do Sul, Piekarsz (1981a, 1981b) pesquisou, com objetivos de prospecção de metais básicos, uma associação litológica com as seguintes feições:

- a) abundantes rochas metabásicas;
- b) quartzitos, mármore, calco-xistos e mica-xistos de possível origem sedimentar clástica, datadas pelo método Rb-Sr em 1.170-1.330 Ma;

c) formação ferrífera bandada, associada a rochas carbonáticas;

d) mineralizações de barita, cobre e chumbo, datadas pelo método Pb-Pb em 1.400 Ma.

Os mapeamentos anteriores situavam esta sequência na Formação Votuverava, mas o autor destaca várias feições, além das litologias, que a tornam correlacionável à Formação Perau: contribuição vulcânica à origem da associação litológica, mineralizações comparáveis às lavradas em Adrianópolis, presença de duas fases de dobramento com respectivas xistosidades, sendo a primeira isoclinal e a segunda aberta, e metamorfismo situado na fácies xisto verde.

No município de Bocaiúva do Sul, Piekarz (1982) fez reconhecimento geológico na região do anticlinal do Setuva, tendo em vista verificar a possível correlação do pacote dobrado com a Formação Perau. O autor concluiu que existe correlação, devido à posição estratigráfica semelhante, acima dos gnaisses Setuva, à similaridade litológica e ao grau metamórfico, ainda que faltem os metabasitos e exista uma fase de dobramento a mais.

Grupo Açungui (PSa)

Segundo definição de Salamuni e Bigarella (1967), o Grupo Açungui é formado por um conjunto de rochas metamórficas de baixo grau, com a predominância dos meta-sedimentos clásticos finos (filitos e meta-siltitos) sobre os químicos (metacalcários e metadolomitos). Esta associação litológica caracteriza uma sedimentação marinha em ambiente tectônico instável.

A estruturação regional mais evidente no mapa do Estado mostra um padrão de anticlinais e sinclinais assimétricas, de eixos orientados para N60o-70oE e mergulhos acentuados predominantemente para SE, chegando a verticais junto às zonas de falhas. A predominância da tectônica rígida sobre a dúctil, com os falhamentos controlando o padrão das dobras regionais, caracteriza um domínio de shear-belt, interpretado por vários autores como produto de uma colisão continental. Segundo Fiori (1987), os dados geológicos regionais corroboram o modelo de evolução tectônica do Açungui envolvendo subducção da placa oceânica e posteriores colisões entre arco de ilha e continente e, finalmente, entre dois continentes.

Este autor reconhece dentro desta unidade três eventos tectônicos maiores, denominados respectivamente e em ordem geocronológica Sistema de Cavalgamento Açungui, Sistema de Dobramento Apiaí e Sistema de Transcorrência Lancinha.

Em estudo realizado nos municípios de Cerro Azul e Adrianópolis, particularmente na área do Perau, Reis Neto e Soares (1987) analisaram as relações entre transformações mineralógicas e deformações estruturais nas rochas dos grupos Açungui e Setuva, bem como na Sequência Antinha e na Formação Camarinha. As rochas do Setuva sofreram forte deformação cisalhante simples, sob regime tectono-termal dúctil, contínua e homogênea, associada ao metamorfismo da fácies xisto verde, zona da biotita, no máximo fácies anfibolito, zona da estauroлита. As rochas do Açungui atingiram fácies xisto verde, zona da clorita e início da biotita. As estruturas indicam um regime tectono-termal rúptil-dúctil a dúctil, associada a deformação cisalhante contínua e heterogênea, com preservação das estruturas sedimentares. O cisalhamento é do tipo rotacional simples, resultante de esforços não-coaxiais, típicos de

shear-belts. Retrometamorfismo no Setuva resultou da superposição do regime tectono-termal Açungui, cujas rochas não mostram retrometamorfismo porque os eventos posteriores foram mais fracos.

A norte de Curitiba, em região delimitada pelos paralelos 25°05'15" e 25°21'40"S e pelos meridianos 49°00'00" e 49°27'00"W, Fiori et al. (1987) descreveram dois sistemas de falhamentos. O mais antigo é um cavalgamento de baixo ângulo, responsável pela compartimentação dos grupos Setuva e Açungui em escamas de imbricamento. O segundo é um sistema de transcorrências, dominado pelas falhas da Lancinha e Morro Agudo. Outras falhas receberam denominações locais: da Antiforma do Setuva, do Morro Grande, de Almirante Tamandaré, do Queimadinho, das Aranhas, do Chopin e do Betara. Nove blocos foram identificados e nomeados em dois compartimentos. O modelo tectônico que explica estas associações de estruturas é o duplex, cuja base é representada pelas falhas do Setuva e do Betara, enquanto as demais as ligam ao topo da seqüência. Análise estrutural macroscópica, executada na escala de 1:50.000, permitiu descrever as dobras regionais associadas aos falhamentos. De um modo geral, os eixos direcionam-se para NE-SW com caimentos de baixo ângulo para SW. A simetria é variável e a vergência dominante é para SE. O estilo varia de aberto a isoclinal, possivelmente resultante de esforços compressoriais NW-SE, sendo modificado posteriormente pelas transcorrências, que alteraram a atitude de eixos, rotação de estruturas e basculamento de blocos.

Nos municípios de Rio Branco do Sul, Almirante Tamandaré e Campo Largo, Dias e Salazar Jr. (1983) desenvolveram pesquisa visando à prospecção de metais básicos na Seqüência Antinha, descrevendo a sua associação litológica, as estruturas e interpretando a sua origem. A unidade foi desenvolvida provavelmente em regime de transtensão, associado à evolução da transcorrência de Morro Agudo, com preenchimento rápido da bacia ao final do ciclo Brasileiro. Na base, a unidade conglomerática derivada do Complexo Três Córregos, parece correlacionar-se com a Formação Camarinha. Uma sucessão de metarritmitos sílticos, silte-arenosos e calcários representam a maior espessura do pacote, que se estrutura em antiforma aberta, com charneira horizontalizada e direcionada para N49°E. Ela mantém contato discordante com a Formação Água Clara e mostra metamorfismo de grau fraco, ao qual se superpõe metamorfismo de contato produzido pelo granito Três Córregos, na fácies albita-epidoto hornfels.

O Grupo Açungui subdivide-se nas formações Itaiacoca, Capiu e Votuverava. Como todas estas formações apresentam importante conteúdo em rochas calcárias, utilizadas nas indústrias de cimento, cal e corretivo agrícola, as informações sobre o seu potencial econômico são fornecidas a seguir.

Formação Capiu (PSac)

Litologicamente semelhante à Formação Itaiacoca, a Formação Capiu é constituída por mármore dolomíticos, filitos e quartzitos, acompanhados por espessos pacotes de meta-siltitos, metargilitos e metarenitos. Segundo Marini (1970), o pacote meta-sedimentar de origem marinha atinge 2.000 m de espessura. O reconhecimento atual da sua estruturação em escamas tectônicas põe em dúvida este tipo de estimativa. O seu contato inferior, interpretado como sendo discordante por Bigarella e Salamuni (1959b), é atualmente reconhecido como sendo de origem tectônica, isto é, de deslizamento de nappes sobre o Grupo Setuva.

A Formação Capiçu compreende três associações litológicas, diferenciadas no Mapa Geológico do Estado do Paraná:

- a) Metassedimentos siltico-argilosos, incluindo metassiltitos, filitos, filitos grafitosos, metarritmitos, ardósias, sericita-xistos e quartzo-sericita xistos;
- b) Mármore dolomíticos e dolomitos com finas intercalações de quartzitos e metacherts;
- c) Metaconglomerados, quartzitos, metarenitos e metarcósios.

Formação Votuverava (PSav)

A Formação Votuverava é composta por filitos, calcários, mármore, metamargas, quartzitos e metaconglomerados. Merecem atenção os seus extensos pacotes de calcários calcíticos, com teores de MgO muito baixos, bem como a série de pequenos stocks graníticos, alinhados no rumo NE-SW, desde Campo Largo até Adrianópolis. As suas relações estratigráficas com a Formação Capiçu são confusas, não tendo sido ainda esclarecido qual é a mais antiga ou se são contemporâneas. São fáceis heterotróficos com interdigitação faciológica entre as formações.

Esta formação compreende as seguintes assembléias litológicas, discriminadas no Mapa Geológico do Estado:

- a) Sericita-quartzo filitos, metassiltitos, quartzitos, sericita-muscovita xistos e metassiltitos com intercalações complexas;
- b) Metassedimentos siltico-argilosos incluindo metassiltitos, mica-xistos, filitos grafitosos, metarritmitos, ardósias, sericita-xistos e quartzo-xistos;
- c) Metaconglomerados;
- d) Quartzitos, às vezes micáceos, metarenitos e metarcósios, com frequentes intercalações de metassiltitos e metarritmitos;
- e) Calcários cinza-escuros a negros, de granulação fina a média, que contêm as jazidas de fluorita de Sete Barras e do Braz;
- d) Calcários e dolomitos brancos a cinza-escuros, finos a grosseiros, de textura sacaróide, que contêm as jazidas de chumbo do Rocha (filoneana, idade Pb-Pb 850-1.250 Ma), da Barrinha (estratiforme, idade Pb-Pb 950-980 Ma) e de Painhas;
- e) Calcários cinza-claros a escuros, de granulação fina a média, que contêm a jazida de chumbo do Paqueiro;
- f) Quartzitos, metarenitos e conglomerados;

- g) Mármore calcítico com níveis oolíticos e/ou pisolíticos, calcarenitos e brechas intraformacionais, mármore dolomítico;
- h) Calcossiláticas granoblásticas e calcofilitos.

Nos municípios de Rio Branco do Sul e Cerro Azul, mais exatamente na região de Bromado, Spoladore e Hackspacher (1993) mapearam as formações Votuverava e Antinha, além de corpos graníticos e diques básicos associados. A Formação Votuverava foi dividida em quatro associações litológicas: (a) metaturbiditos e metapelitos; (b) metarenitos, metaconglomerados, metapelitos e metavulcânicas; (c) metarenitos e metapelitos; e (d) mármore e metapelitos. Os mármore haviam sido incluídos na Formação Antinha por outros autores. Enquanto as rochas da primeira formação foram interpretadas como tendo origem marinha de águas rasas, as da segunda foram atribuídas à sedimentação em águas profundas. A evolução tectono-metamórfica foi descrita como tendo envolvido dois regimes principais, um compressional e outro transcorrente, com três pulsos deformacionais. O metamorfismo situa-se na fácies xisto verde, zona da clorita.

Na mesma região, Kops e Ebert (1993) analisaram as formações Votuverava e Antinha, interpretando-as como formadas dentro de um mesmo ciclo sedimentar. A Formação Votuverava foi subdividida em duas seqüências: Coloninha (metapelitos e metarenitos) e Bromado (metaconglomerados e metarritmitos), ambas formadas a partir de turbiditos, associados a leques ou canhões submarinhos. O metamorfismo é o da fácies xisto verde inferior. Estes autores também reconheceram três eventos de deformação, o primeiro derivado de esforços tangenciais não-coaxial de NW para SE, o segundo coaxial menos intenso e o último transpressivo e formador de cisalhamento em zonas de charneira.

Formação Camarinha (PSCc)

Esta sequência sedimentar molássica ocorre a noroeste de Campo Largo, contigualmente à falha da Lancinha e à Bacia do Paraná. Denominada por Fuck (1966) e Muratori (1966), ela tem sido interpretada como um dos resquícios da sedimentação tardiorogênica do embasamento cristalino paranaense. A sua espessura estratigráfica ultrapassa 1.000 m.

As litologias da Formação Camarinha compreendem siltitos, conglomerados polimíticos, arcósios e argilitos, exibindo passagens rítmicas entre si. Sem evidências de metamorfismo e recristalização, esta sequência mostra-se dobrada em estruturas dos tipos anticlinal e sinclinal cujos eixos têm caimento para NE e os flancos mergulham em ângulos de 30º a 80º para NW e SE.

Estas rochas exibem contatos normais e tectônicos com o grupo Açungui. O contato com a Formação Furnas sobrejacente é bem definido, com uma inconformidade angular separando as duas formações. Estas relações de contato permitem atribuir-lhe uma idade eopaleozóica. As suas características deposicionais indicam ambiente de sedimentação marinho, com transporte pouco acentuado, típico da fase tardiorogênica do ciclo geossinclinal. Alternativamente, a se considerar a hipótese da origem por sedimentação em rift epicontinental, a Formação Camarinha pode representar um remanescente da reativação tectônica da plataforma sul-americana ao final do ciclo Brasileiro.

A representação cartográfica da Formação Camarinha, no Mapa Geológico do Estado do Paraná, discrimina duas associações litológicas:

- a) Siltitos, siltitos argilosos, argilitos e arenitos arcossianos;
- b) Conglomerados polimíticos com matriz arcossiana e arenitos arcossianos.

Suíte Álcali-Granitos (PEX)

Este conjunto de intrusões registra um longo evento magmático que se manifestou no sudeste do Paraná e nordeste de Santa Catarina, em regime extensional pós-orogênico. Elas foram identificadas formalmente em projetos realizados na década de 1960, pela Comissão da Carta Geológica do Paraná e por Maack (1961) e, na década de 1970, pela CPRM. Por conterem dados e informações em volume suficiente para uma caracterização mais detalhada, estes granitos têm as suas descrições apresentadas individualmente, a seguir.

Esses maciços graníticos apresentam dimensões variadas, constituindo desde pequenos stocks até batólitos, cujas denominações têm por base a toponímia regional onde ocorrem: Agudos do Sul, Morro Redondo, Serra da Igreja, Graciosa, Anhangava, Marumbi e Piedade. Distribuem-se tanto no Domínio Curitiba quanto no Luís Alves, predominando sobre o último, não ocorrendo nos terrenos pertencentes ao Domínio Paranaguá. Caracteriza esses maciços a natureza alcalina, bem como sua isotropia, em contraste com a pronunciada foliação dos gnaisses e migmatitos encaixantes, com os quais os contatos são normalmente realizados através de zonas de falha. Nas folhas mapeadas pela MINEROPAR (1999) na borda oriental da RMC, afloram porções dos granitos Anhangava, Serra da Graciosa e Marumbi.

Nesta suíte predominam rochas leucocráticas de granulação média a grossa cinza, cinza-rosadas a róseas, equi a inequigranulares, ocasionalmente porfiríticas. De modo geral, observa-se a presença de granitos isótipos nas porções mais centrais e cataclásados nas bordas. Apresentam textura granular hipidiomórfica, sendo constituídas por feldspato potássico (5 – 60%, com ou sem geminação em grade, geralmente mesopertíticos), plagioclásio (0 – 60%, albita-oligoclásio, normalmente zonados), quartzo (10 – 35%), biotita (0 – 15%, com variedades marrom-avermelhada e verde) e hornblenda (0 – 15%, verdes).

Como acessórios são comuns titanita, allanita, apatita, fluorita e opacos, e como produtos de alteração muscovita, clorita, epidoto e carbonato. Algumas dessas intrusões apresentam associação com rochas vulcânicas de mesma tendência geoquímica e petrológica, atestando a natureza hipabissal do conjunto.

Na porção SE da RMC, foram mapeados afloramentos de dois representantes desta suíte: granito Marumbi e um granito que recebeu nome de campo Pedágio, a ser nomeado formalmente. As feições petrográficas e estruturais do primeiro são as descritas acima. O segundo granito aflora na frente de lavra da pedreira Incol, intrudido no granito gnáissico São José dos Pinhais-Miranguava, em migmatito gnáissico e em rochas metabásicas. Trata-se de um corpo intrusivo com área aflorante de aproximadamente 36 km², alongado no sentido NE-SW, de coloração róseo-escuro a vermelho, textura equigranular grossa, estrutura maciça, com microclíneo, quartzo, oligoclásio, biotita, minerais opacos, fluorita, clorita, zircão, epidoto e argilo-minerais (MINEROPAR, 2015).

Formação Guaratubinha (Eg)

As rochas vulcânicas da Formação Guaratubinha foram reconhecidas originalmente durante os trabalhos da Comissão da Carta Geológica do Paraná, por Fuck et al. (1969). Segundo estes autores, esta formação é constituída por uma associação de rochas sedimentares e vulcânicas, ácidas e intermediárias, assentando-se em discordância angular sobre os migmatitos, granulitos e granitos do embasamento.

Detalhada por Daitx e Carvalho (1980), a sequência ocupa uma área de 210 km², na forma de uma faixa de direção NNE-SSW, localizada a sudeste de Curitiba e a nordeste da Bacia de Campo Alegre. Suas rochas mostram-se afetadas por falhamentos e basculamentos, com as camadas mergulhando geralmente para sudeste e por vezes verticalizadas. Estes autores reconheceram seqüências sedimentares, vulcânicas ácidas, intermediárias e rochas piroclásticas.

Na área mapeada pela MINEROPAR (2015), foram identificadas duas unidades relacionadas com esta formação: diques de riolito e porções da sequência sedimentar. Os diques de riolito castanho-escuro a avermelhado recortam o granito São José dos Pinhais-Miranguava com espessuras métricas e direção geral N10o-40oE. Em lâmina, o riolito apresenta fenocristais de feldspato potássico e quartzo em matriz afanítica de quartzo, feldspato, fluorita, pistacita, calcita, hematita e limonita. As rochas sedimentares da formação são representadas na área por arcósios, siltitos e argilitos micáceos, de coloração castanho-escuro a róseo-escuro, contendo localmente níveis de conglomerado polimítico com seixos de riolito, quartzo e feldspato.

Formação Serra Geral (JKd)

O magmatismo básico mesozóico é representado na RMC por denso enxame de diques de diabásio, gabro e diorito pórfiro, menos abundantemente monzogabro, dacito, diorito, microdiorito e quartzo-diorito (VANZELA et al., 2004). Estudos petrográficos dos diques de diabásio, a litologia mais abundante e representativa, indicam uma composição mineralógica à base de plagioclásio (25 - 50%), augita (3 - 39%), minerais opacos (4 - 20%) e pigeonita (0 - 10%), com texturas predominantemente intergranular, subofítica e ofítica. Dados geoquímicos de elementos maiores, menores e traços de registram a afinidade toleítica e elevadas concentrações em TiO₂.

A orientação geral dos diques, na área mapeada pela MINEROPAR (2015), situa-se no quadrante N40°-70°W, com extensões de vários quilômetros e espessuras de alguns metros a dezenas de metros.

Formação Guabirotuba (QPg)

O Cenozóico cartografado no Mapa Geológico do Estado, dentro da Bacia de Curitiba, corresponde ao conceito original de Bigarella e Salamuni (1962), sem incorporar a subdivisão posterior em formações Guabirotuba e Tinguis. O pacote superior da unidade, equivalente à Formação Tinguis, apresenta um conglomerado basal cuja composição indica a origem por erosão e retrabalhamento da sequência inferior, sob condições de clima árido. Estas condições foram responsáveis pela coloração avermelhada destes sedimentos, que são tipicamente mais grosseiros do que os anteriores.

Segundo estes autores, a Formação Guabirota é constituída por um pacote de sedimentos inconsolidados do Plioceno e Pleistoceno, possivelmente mais antigos, representados por camadas e lentes de argilas, arcósios, margas, areias e cascalhos que repousam discordantemente sobre as rochas do embasamento cristalino. Trata-se de uma seqüência sedimentar formada em condições de clima árido, em bacia intermontana propícia à formação de leques aluviais, localmente retrabalhados por canais fluviais anastomosados e passando distalmente a depósitos do tipo playa-lake.

A formação é subdividida em três associações litológicas, no relatório da MINEROPAR (1999):

- a) Qpgc - Na base, arcósios e areias arcossianas, interpretados como depósitos de leques aluviais anastomosados.
- b) Qpgb - O pacote intermediário é constituído por argilitos com raras lentes de arcósio.
- c) Qpga - No topo da formação, argilitos e lamitos compactos e maciços, geralmente cinza-esverdeados a esbranquiçados, com frequentes intercalações de arcósio médio a grosso. Localmente, podem ser distinguidas camadas individualizadas de argilitos avermelhados e rosados onde intemperizados, chegando a ocorrer a formação de plintita e laterita. Nas porções centrais da bacia, os pacotes argilosos atingem até 80 m de espessura. As lentes de arcósios e areias arcossianas contêm 20-40% de feldspato caulinizado, bem como clastos de quartzo e quartzito, intercalam-se aos sedimentos mais finos, principalmente nas bordas da bacia. O caráter imaturo do sedimento é indicado pela textura variável, de muito fina a grosseira, e pela forma angular a subangular dos grãos. A matriz é argilosa ou silte-argilosa, eventualmente arenosa muito fina. As cores são predominantemente avermelhadas, tornando-se esbranquiçadas quando intemperizados

O pacote inferior da unidade apresenta um conglomerado polimítico cuja composição indica a origem por erosão e retrabalhamento da sequência inferior (Qpgc), sob condições de clima árido. Estas condições foram responsáveis pela coloração avermelhada destes sedimentos, que são tipicamente mais grosseiros do que os anteriores. Nas bordas oeste e sudoeste da bacia os clastos são predominantemente de quartzo e feldspato, em contraste com as bordas opostas, onde predominam granitos, migmatitos, diabásio. A textura é bastante variável, com os fragmentos de rocha variando de 2 a 5 cm, às vezes 10 cm, e a forma dos clastos varia de angular a subarredondada, com baixa esfericidade.

Depósitos carbonáticos, interpretados como caliche, ocorrem no topo da formação, como bancos descontínuos de extensão lateral métrica, espessura centimétrica e cor esbranquiçada a creme. Podem ser maciços ou foliados. Vênulas de calcrete e silcrete recortam estes depósitos e as rochas encaixantes, preenchendo fraturas tectônicas e outras.

Sedimentos Recentes (QHs)

Aluviões, colúvios e depósitos de tálus cobrem extensas áreas do território paranaense, com destaque na RMC para as cartografadas na bacia hidrográfica do Alto Iguaçu.

Os aluviões são depósitos de sedimentos inconsolidados, de pequena espessura, aparecendo em áreas restritas ao longo de alguns rios, sendo constituídos por siltes e argilas, em parte turfosas e areias de

diversas granulações, aparecendo também leitos de cascalho, onde predominam seixos de quartzo e quartzito, bem selecionados e arredondados, indicando transporte efetivo. Ocupam as várzeas fluviais, onde o nível freático mantém os sedimentos permanentemente saturados e aflora nas estações chuvosas. Sobre as várzeas, em desníveis de poucos metros, ocorrem terraços também holocênicos, mas anteriores aos aluviões.

Os colúvios são constituídos por sedimentos terrígenos inconsolidados, em grande parte silte e argila, frequentemente envolvendo blocos e matacões arredondados das rochas subjacentes, que formam depósitos sem estruturas sedimentares, oriundos de deslizamentos de encostas. Ao contrário dos aluviões e terraços, cuja continuidade lateral permite cartografia em escalas até regionais, os colúvios são de mapeamento possível apenas na escala de grande detalhe.

Os depósitos de tálus são observados ao longo das escarpas ocidentais da Serra do Mar, constituídos de blocos angulares e subarredondados de diversos tamanhos, imersos em matriz siltica ou argilosa, sem estruturas sedimentares. Ocorrem também aluviões fluviais de caráter mais arenoso e leitos de cascalho acima das planícies aluvionares, onde constituem terraços quaternários.

2.2.11 MAPA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS

O mapa de materiais inconsolidados consiste na síntese das informações sobre os processos de origem dos materiais inconsolidados, da rocha original, textura (incluindo áreas de matacões e áreas de solo hidromórfico), bem como do perfil típico de alteração desses materiais. Os materiais inconsolidados (níveis superficiais) são extremamente importantes no mapeamento geológico-geotécnico, pois é sobre eles que ocorrem as intervenções derivadas da ocupação urbana e de infraestrutura. São estes materiais que tem de ter suas propriedades caracterizadas por meio de ensaios, bem como suas espessuras, fragilidades e potencialidades.

Uma associação de unidades de material inconsolidado corresponde a uma Unidade de Terreno (UT). O perfil típico de alteração de cada UT contém informações sobre espessuras, níveis de alteração (camadas distintas), textura, rocha original e índice de resistência (SPT), além dos dados de ensaios geotécnicos.

O mapeamento e a caracterização dos materiais inconsolidados envolveu várias fases. Os critérios utilizados para sua classificação encontram-se descritos a seguir. O mapa de materiais inconsolidados encontra-se no Anexo 6.

1ª fase:

- Atividades de campo com descrição sistemática dos perfis de alteração, contendo observações qualitativas e quantitativas.

2ª fase:

- Atividades de campo para observações finais e coleta de amostras por nível de alteração em cada UT representativa.

- Realização de ensaios geotécnicos de laboratório.
- Elaboração do mapa de materiais inconsolidados.
- Para a descrição dos materiais inconsolidados adotou-se a seguinte classificação:

- a) Solo hidromórfico - Sob esta denominação, estão compreendidos os solos mal drenados ou muito mal drenados, regidos pela influência da água em função de relevo e do material originário.
- b) Solo transportado (Colúvio) - Solo com fragmentos rochosos transportados ao longo das encostas devido à ação combinada da gravidade e da água. Possui características diferentes das rochas ou solo subjacentes.
- c) Solo residual maduro - Desenvolvido no local da própria rocha (in situ), evoluído pedologicamente (horizonte B, latossolo), com laterização, concentração de sesquióxidos de ferro e alumínio, lixiviação de bases e eventualmente formação de crostas duras.
- d) Solo residual jovem - Desenvolvido no local da própria alteração da rocha (in situ), pouco evoluído, início do processo pedogenético, com estrutura incipiente da rocha original.
- e) Saprólito - Primeiro nível de alteração do solo a partir da rocha, máximo grau de alteração da rocha, heterogêneo, estruturas reliquias da rocha preservadas, podendo ou não conter matações de rocha alterada ou sã.

Nas áreas mapeadas foram considerados os sedimentos aluvionares e os sedimentos da Formação Guabirotuba como materiais inconsolidados.

Os materiais inconsolidados são separados através de cores no respectivo mapa, de maneira que cada cor representa uma UT.

Visando caracterizar a variação em profundidade do material inconsolidado nas UTs, foi criado o código de haste, que é representado no mapa como um retângulo, cujas linhas horizontais representam essa variação. Essas linhas são divididas em quatro partes iguais, preenchidas por letras maiúsculas que representam as características geotécnicas de cada nível. O código de haste não representa necessariamente em cada ponto o perfil típico de uma UT. Em alguns pontos faltam determinadas variações ou níveis de solo, e em outros há variações adicionais, de maneira que a somatória dessas variações ou níveis de alteração geram o perfil típico de alteração da UT.

A legenda do código de haste está resumida a seguir:

A - ORIGEM
1. RESIDUAL
2. COLÚVIO
3. ALUVIÃO

B - ROCHA ORIGINAL
1. ARCÓCIO, CASCALHO
2. ARENITO
3. ARGILITO
4. CONGLOMERADO
5. DIABÁSIO
6. GNAISSE-MIGMATITO
7. GRANITO
8. GRANITO-GNAISSE
9. GRANITOIDE
10. HIDROMÓRFICO
11. METABÁSICA
12. METACALCÁRIO
13. METADOLOMITO
14. METAPELITO
15. QUARTZITO
16. SILTITO
17. TUFO VULCÂNICO
18. METACONGLOMERADO

C - TEXTURA
1. SOLO
2. SOLO COM MATAÇÕES
3. MUITO ARGILOSA
4. ARGILOSA
5. SILTOSA
6. ARENOSA
7. CONGLOMERADO

D – Descrição do Material

1. Solo hidromórfico rico em matéria orgânica, por vezes turfoso, de cor preta a marrom escuro, desenvolvido sobre sedimentos aluvionares.
2. Sedimentos aluvionares, constituídos por argila de cor marrom a cinza-claro. Desenvolvida sobre depósitos de areia esbranquiçada, granulometria fina a grossa, com intercalações de cascalho.
3. Solo argiloso com abundante matéria orgânica, de cor cinza-escuro a negro, com níveis arenosos intercalados, desenvolvido sobre terraços aluvionares.
4. Colúvio mal selecionado e imaturo, de cor variegada (marrom, vermelho, preto). Ocorrem linhas de seixos (stone lines) de quartzo separando-o da camada inferior de sedimentos.
5. Argila da Formação Guabirotuba, de cor castanho a creme, cujo o argilomineral é a caulinita, com muitos grãos de quartzo, aspecto de torrão e apresenta macroporos quando seco.
6. Argila da Formação Guabirotuba, de cor castanho a creme, por vezes variegada, cujo o argilomineral é a caulinita, com muitos grãos de quartzo. Ocorrem camadas de cascalhos associados.
7. Solo residual maduro da Formação Guabirotuba, argiloso, de cor cinza a verde, com poucos grãos de quartzo erosiva, expansiva, retrativa (empastilhamento).

8. Argila-siltosa da Formação Guabirota, de cor vermelha a cinza, apresenta lentes/níveis de arcócio que ocorrem em todo o perfil. São constituídos principalmente de quartzo e feldspato.
9. Solos transportados derivado de rochas carbonáticas, de cores variegadas (vermelho, amarelo, marrom), imaturos apresenta linhas de seixos (stone lines). Paleocanais de pequenas dimensões, preenchidos por grãos de quartzo.
10. Areia média da Formação Furnas, de cor castanha, bem selecionado, composto principalmente por quartzo e feldspato.
11. Saprólito de diabásio de cor avermelhada a castanho, apresentando a forma reliquiar dos minerais intemperizados. São comuns blocos arredondados com foliação esferoidal.
12. Saprólito de metapelitos, de cor amarelada a avermelhada com pronunciada foliação e bandamento. Apresenta pouca espessura de solo residual maduro ou jovem. Argilo-mineral é a caulinita (1:1).
13. Saprólito de quartzito, às vezes friável, esbranquiçado, podendo apresentar concentrações de blocos e matacões resistentes ao intemperismo.
14. Solos residuais maduros ou jovens de metadolomitos e metacalcários, argilosos a muito argilosos de cor avermelhada, porosos, mediantemente permeáveis, com concentrações de sílica semelhante a quartzito fino e sacaroide, formadas pela dissolução do dolomito. A espessura de solo pode variar de alguns decímetros até 10m, com muitos afloramentos de rocha sã e contato brusco do solo com a rocha fresca.
15. Solo residual jovem de rocha metabásica, Argilo-siltoso, de cor verde a vermelho, apresenta pouca ou nenhuma ocorrência de solo residual maduro.
16. Saprólito de metaconglomerados, argilo-siltoso com muitos clastos (arredondados e com esfericidade média), de cor vermelho amarronzado.
17. Saprólito de tufo vulcânico, silte argiloso com pouca areia, localmente paraconglomerado, de cor cinza a vermelho e estrutura maciça.
18. Granito fresco a pouco alterado, aflorante (blocos e laje) de cor cinza a castanha.
19. Saprólito de granitos, silto-arenoso, de cor castanho a rosa, apresenta textura e estrutura da rocha original (foliação e veios).
20. Saprólito de granito porfirítico do Granito Guajuvira, silte argiloso, de cor castanha a vermelho, apresenta textura e estrutura da rocha original (pórfiros e foliação). Blocos e lajes de rocha sã ou pouco alterada são encontrados com frequência.
21. Saprólito de gnaiss-migmatito e gnaiss granítico do Complexo Atuba, argiloso por vezes siltoso, de cor rosa, vermelho, castanho e amarelo. Apresenta as estruturas reliquias da rocha original.
22. Saprólito de granito-gnaiss da Suíte Rio Piên, cor cinza escura a avermelhadas, com textura e estrutura da rocha original (bandamento, veios de quartzo, foliações). Há possibilidade de matacões inseridos no saprólito.

2.2.12 MAPA DE UNIDADES DE TERRENO

O mapa de Unidades do Terreno (UTs) é obtido pelo cruzamento dos mapas de materiais inconsolidados e de declividades, considerando as informações do substrato e tendo suporte nos resultados dos ensaios. A integração foi feita por álgebra de mapas, no ArcGIS, com critérios e pesos definidos em conjunto com o Contratante. O mapa de Unidades do Terreno é o elemento mais relevante para o mapeamento geológico-geotécnico, a partir do qual são elaboradas outras cartas. Por isso, a execução exige rigor na organização da informação e aproveitamento dos dados de campo e laboratório, e daqueles compilados

em outros projetos. É indispensável manter o mesmo padrão de descrição para todas as UTs, respeitando a estratigrafia de cada uma. O mapa de Unidades de Terreno encontra-se no Anexo 7.

O perfil típico de alteração das UTs consolida suas características de espessuras médias, alteração (camadas distintas), textura, rocha original e índice de resistência (SPT), além dos resultados de análises geotécnicas. A descrição final das UTs inclui um perfil esquemático indicando suas variações da superfície para a base do perfil, conforme os códigos de hastes descritos no item do mapa de materiais inconsolidados, sintetizando dessa forma a informação compilada e coletada no campo, além da obtida pelos ensaios geotécnicos (textura, estrutura, cor, composição mineralógica, espessura, etc.).

▪ UT – I (Sedimentos Aluvionares)

Planícies aluvionares, sedimento aluvionar holocênico (Quaternário), declividade de 0-10%.

O perfil típico compreende:

- Camada superficial orgânica, cor negro, hidromórfica, por vezes turfosa, plástica, mole a muito mole, espessura de 1,0 a 1,5 metros.
- Argila de cor cinza-escuro, plástica, muito mole a mole e com espessuras variando de 1,0 a 1,5 metros.

Estas argilas estão sobrepostas a um pavimento de areia fina a grossa com cascalhos e blocos de quartzo, fofa, por vezes compacta, porosa, espessura variável de 1,0 a 2,0 metros.



Figuras 16 e 17: UT I - Perfil de solo (MC-1781) e argila negra (BB-0024), (Fonte: Acervo Andes).



▪ UT – II (Terraços Aluvionares)

Constitui os terraços de sedimentos que estão topograficamente situados pouco acima dos aluviões, mas fazem parte da planície aluvionar. Apresentam declividades predominantes de 0-5% e subordinadamente 10-20%, podendo chegar, em alguns casos, a maior que 20%. Sedimento aluvionar holocênico (Quaternário).

O perfil típico compreende:

- Camada superficial orgânica, hidromórfica de cor negra e com espessura de 0,5 a 1,0 metros.
- Argila de cor cinza-claro às vezes escuro, plástica, mole a muito mole, permeabilidade média a baixa e de espessura variável entre 0,5 e 2,0 metros.
- A base destas argilas é formada por um pavimento de sedimentos rudáceos, variando de areia grossa a cascalhos e com espessuras de 0,5 a 1,0 metros.



Figuras 18 e 19: UT II Perfil de solo (BB-0357) e argila com cascalhos (BB-0480), (Fonte: Acervo Andes).



▪ UT – III (Formação Guabirotuba) (A)

Esta unidade possui uma camada de material inconsolidado. Trata-se da camada de argila caulinitica da Formação Guabirotuba, que recobre as argilas esmectitas da UT – IV e UT – V e os saprólitos dos gnaisses-migmatitos da UT – XIX. Constituem colinas suaves de topo plano, com declividades predominantes de 0-5% e de 5-10%, raramente maiores que 10%.

O perfil típico compreende:

- Solo transportado (colúvio), argilo-arenoso e poroso.
- Linha de seixos de quartzo de espessuras centimétricas a decimétricas (*stone line*), que separa o solo transportado do solo residual.
- Camada de argila caulinitica que recobre tanto as argilas esmectitas da UT – IV e UT – V, como também, os saprólitos dos gnaisses e migmatitos. Apresenta cor rósea e as vezes uma estratificação de cores negra, rósea e vermelha. Uma fina camada laterítica, separa essas cores. Porcentual de quartzo de 21 a 39% de areia quartzosa. A espessura varia de 2,0m a mais de 6,0m.



Figuras 20 e 21: UT III - Perfil de solo (MC-1389) e saprólito de argilito (MC-1389), (Acervo Andes).



▪ UT – IV e UT - V (Formação Guabirotuba) (B e C)

Os sedimentos da Formação Guabirotuba constituem colinas suaves com topos planos, declividade predominante de 0 a 5%, subordinadamente 10 a 20%. Estas UTs são constituídas de solos residuais (maduro e jovem), sedimentos argilosos e arenosos, com inclusões de solos transportados pouco espessos.

Os sedimentos argilosos e arenosos foram divididos em duas UTs, a saber: unidade constituída predominantemente pela argila, com raros níveis lenticulares de arcósio (UT-V), e unidade constituída por uma sequência rítmica de argila com níveis lenticulares de arcósio (UT-IV).

Os solos transportados não foram delimitados no mapa devido à sua espessura de um modo geral pequena, bem como à falta de continuidade lateral. Estes solos são facilmente identificados no campo pela existência de um nível de seixos de quartzo (*stone line*), que os separa da argila e arcósio sotopostos.

O perfil típico compreende:

- Solo transportado (colúvio), argilo-arenoso e poroso. Normalmente o solo transportado (coluvial) encontra-se depositado sobre a argila.
- Linha de seixos de quartzo de espessuras centimétricas a decimétricas (*stone line*), que separa o solo transportado do solo residual.
- Solo residual maduro de cor vermelha, apresenta comportamento laterítico e não laterítico, variável, embora existam níveis centimétricos de laterita. A estrutura é maciça e a textura argilosa, argilo-mineral predominante é a caulinita (1:1) e em menor proporção illita e gibbsita (2:1). A espessura pode atingir até 5,0 m.

- Solo residual jovem, não laterítico, de cor variegada, vermelha a violácea, contendo grãos de quartzo e feldspatos alterados e textura argilosa a muito argilosa onde o argilo-mineral é a esmectita (2:1). São comuns empastilhamento e trincas de retração. A espessura pode chegar a 2,0 m.
- Argila de cor cinza-esverdeado, onde é comum a presença de grãos de quartzo e feldspato alterados, o argilo-mineral predominante é a esmectita (2:1). São comuns o empastilhamento e as trincas de retração. A espessura varia de 1,0 a mais de 10,0 m.
- Arcósios, que ocorrem de maneira dispersa e em diversos níveis de profundidade na UT – IV, e em sequência rítmica com a argila na UT – V. Esses arcósios são lenticulares e apresentam espessuras variando de alguns centímetros até mais de 4,0 metros. Apresentam cor cinza em profundidade e variegados mais próximos da superfície. Textura média a argilosa, com porcentagens variáveis de finos, onde o cimento é argila esmectita (2:1). Os minerais da fração areia são constituídos de quartzo e feldspato. A base desses sedimentos é constituída por depósitos de cascalhos e/ou níveis de quartzo com espessuras que podem atingir em alguns locais valores inferiores a 1 metro e até mais de 4,0 metros.



Figuras 22 e 23: UT – IV Perfil de solo (MC-1259) e saprólito de arcócio (MC-1263), (Fonte: Acervo Andes).



Figuras 24 e 25: UT – V - Erosão (BB-0097) e saprólito de argilito esverdeado (BB-0047), (Fonte: Acervo Andes).



▪ UT – VI (Formação Guabirotuba) (D)

Os sedimentos da Formação Guabirotuba constituem colinas suaves com topos planos, declividade predominante de 0 a 5%, subordinadamente 5 a 10%. Está UT é constituída de sedimentos provenientes da Bacia do Paraná (Formação Furnas).

O perfil típico compreende:

- Solo transportado composto por argila com clastos, com cor marrom a vermelha, com consistência mole e plasticidade nula.
- Solo residual maduro, argilo-siltoso com clastos, de cor marrom, seus clastos são subangulosos e com esfericidade média, com consistência média e plasticidade nula.
- Solo residual jovem argiloso com clastos, de cor marrom a vermelha.
- Saprólito de argilito siltoso, com cor vermelha a cinza, consistência dura e plasticidade nula.

Está unidade apresenta lentes/níveis de arcósio que ocorrem em todo o perfil. São constituídos principalmente de quartzo e feldspato.



Figuras 26 e 27: UT – VI - Perfil de solo (BB-0325) e saprólito de Gabirotuba oriundo da Fm. Furnas (BB-0240), (Fonte: Acervo Andes).

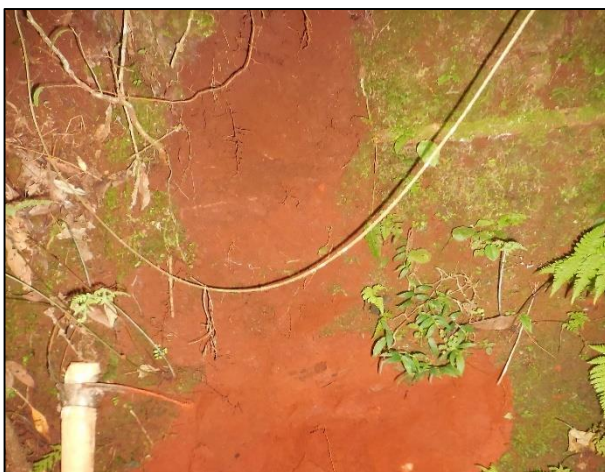


▪ **UT – VII (Solos Coluvionares ou Transportados sobre Metadolomitos e Metacalcários) (E)**

Esta unidade é constituída por solos coluvionares ou transportados sobre metadolomitos e metacalcários. Apresentam declividades predominantes de 5-10% e por vezes de 10-20%. Normalmente desenvolvem-se sobre as planícies cársticas.

O perfil típico compreende:

- Argilas de cores variegadas, com tons avermelhados, amarelados e castanho. Não raramente observa-se níveis de stone lines, formadas por seixos de quartzo ou metapelitos, e paleocanais de pequenas dimensões preenchidos por grãos de quartzo, indicando vários episódios de deposição. A espessura varia de 1 a mais de 30 m, como observados nos perfis dos poços tubulares da SANEPAR. O nível freático é encontrado à profundidade média de 5,7 m.



Figuras 28 e 29: UT – VII - Perfil de solo (GA-0072) e material mal selecionado (BB-0509), (Andes).



▪ UT – VIII (Arenito Furnas)

Esta unidade é constituída por sedimentos provenientes da alteração das rochas da Formação Furnas da Bacia do Paraná. Constituem topos aplainados e colinas suaves, com declividades predominantes de 5-10%.

O perfil típico compreende:

- Camada superficial orgânica, de cor negra, plasticidade média que recobre os sedimentos arenosos.
- Areia média de cor castanha, bem selecionada, que possui consistência e plasticidade baixas.



Figuras 30 e 31: UT – VIII - Perfil de solo (NS-0049) e arenito mpedio (BB-0342), (Fonte: Acervo Andes).



▪ UT – IX (Diques de Diabásio)

Estes solos têm sua origem relacionada aos processos de decomposição dos diques de diabásio, cujo produto inicial é o saprólito, que desagregado e submetido a transporte por gravidade forma depósitos coluvionares. Estes depósitos flanqueiam cristas alongadas, de topo achatado, com vertentes íngremes e convexas, bem visíveis nas áreas rebaixadas de metacarbonatos quando ressaltam na topografia. Os colúvios de diabásio formam faixas de alguns quilômetros de comprimento por algumas dezenas de metros de largura, que chegam a atingir centenas de metros onde são associados a rampas de colúvio. Quando associados a franjas de colúvio chegam a atingir larguras da ordem de centenas de metros. Esses materiais englobam fragmentos e blocos arredondados de rocha mostrando decomposição esferoidal.

O perfil típico compreende:

- Solo transportado ou colúvio, possui cor amarronzada a castanho-avermelhado, matriz argilosa envolvendo blocos decimétricos a métricos de diabásio, dispostos paralelamente às cristas, nas denominadas rampas de colúvio.

- Solo residual maduro, argiloso de cor castanho-claro a avermelhado, com espessuras inferiores a 3 m.
- Saprólito com espessura de até 1 m, argiloso, porosidade média e baixa permeabilidade, argila caulinita (1:1), cor castanho-claro a avermelhado.

Saprólito avermelhado, variegado, textura siltosa por vezes média, espessura superior a 5 m, às vezes com presença de matações arredondados com vários diâmetros, podendo atingir até 3 m. O argilomineral predominante é a caulinita (1:1).



Figuras 32 e 33: UT – IX - Perfil de solo (BB-0376) e saprólito de diabásio (MC-0267), (Fonte: Acervo Andes).



▪ UT –X (Filitos, Metarenitos, Metassiltitos e Xistos)

Sob esta denominação estão incluídos os solos residuais de filitos, metarenitos, metassiltitos e xistos, com pequenas inclusões de solo transportado. Em relação ao relevo, as formas predominantes são os topos alongados e descontínuos, vertentes convexas a retilíneas e vales encaixados em V. A orientação geral das elevações é NE-SW, moldadas em rochas das formações Capiru, Votuverava, Perau, Betara e Atuba, acompanhando a direção predominante da foliação metamórfica. Apresentam declividade predominante de 10-20% e secundariamente 20-30%.

O perfil típico compreende:

- Solo residual maduro e jovem, de cor castanho-claro a avermelhado, espessura inferior a 1,5 m, localmente recoberto por solo transportado raso e imaturo. Apresenta textura siltosa e o argilomineral predominante é a caulinita (1:1).
- Saprólito de coloração vermelha a amarelada, apresentando pronunciada foliação e acamamento, com mergulho (inclinação) de 30 a 90°. A espessura é maior que 10 m. A textura é siltosa, embora em algumas amostras seja argilosa.



Figuras 34 e 35: UT – X - Perfil de solo (MC-0868) e filito alterado (MC-0904), (Fonte: Acervo Andes).



▪ UT –XI (Quartzitos)

Esta unidade apresenta solos pouco desenvolvidos, predominando rocha alterada em relação ao solo propriamente dito. Sua ocorrência está restrita à área de exposição dos quartzitos, normalmente formando as cristas dos morros. Estas cristas são alongadas, com centenas de metros de extensão e larguras de dezenas de metros. Nestas cristas são comuns matacões de diversos tamanhos e lajes de rocha fresca, por vezes friáveis. Apresentam granulação fina e cores esbranquiçadas a amareladas.

O perfil típico, limitado à desintegração física do substrato rochoso, apresenta as seguintes características:

- Blocos angulosos a subangulosos e placóides de quartzito, com diâmetros centimétricos a decimétricos, em matriz silte-arenosa, porosa, com permeabilidade média.
- Rocha são de cor esbranquiçada, granulação fina a média, localmente friável e poroso, aflora em lajes e matacões.



Figuras 36 e 37: UT – XI - Perfil de solo (MC-0996) e quartzito alterado (MC-1112), (Fonte: Andes).



▪ UT –XII (Metadolomitos e Metacalcários)

Sob estas denominações estão incluídos os solos residuais dos metadolomitos e metacalcários. O relevo é mais suave em relação aos metapelitos devido à dissolução dessas rochas carbonáticas. O metacalcário tem relevo mais enérgico do que o metadolomito. Ambos ocorrem dentro do domínio do carste não coberto, que apresenta solo residual pouco espesso e abundantes afloramentos de rocha sã. Em subsuperfície, as rochas metacarbonáticas apresentam cavidades de vários tipos, tais como cavernas e chaminés, cujo colapso produz depressões na superfície, na forma de dolinas, uvalas e poljés. A declividade predominante é de 10-20%. Estes solos apresentam contato brusco com as rochas carbonáticas sãs.

O perfil típico compreende:

- Solo residual maduro ou jovem de cor vermelha, amarelada ou variegada, contendo concentrações de sílica (semelhante à areia fina, sacaróide, friável), proveniente da dissolução dos metacarbonatos (principalmente dos metadolomitos e secundariamente metacalcários). A espessura varia de poucos decímetros a mais de 20 m. A textura é argilosa a muito argilosa, o argilo-mineral predominante é caulinita (1:1), menos frequentemente gibsita e ilita (2:1). Não raramente em áreas de alta declividade, acima de 20%, se observa solo transportado ou coluvionar de baixa espessura e distribuição superficial pequena.
-



Figuras 38 e 39: UT – XII - Perfil de solo (GA-0141) e metadolomito (BB-0506), (Fonte: Acervo Andes).



▪ UT –XIII (Metabásica)

Nesta unidade estão os solos provenientes da alteração das rochas metabásicas da Formação Votuverava e da Suíte Rio Piên. Esses solos estão formando relevos de colinas suaves e convergentes e apresentam declividades predominantes de 0-5% e por vezes de 5-10%.

O perfil típico compreende:

- Solo transportado silto argiloso com pouca areia, de cor cinza escuro, raso entre 0,5 e 1,0m e imaturo, com pouca ou nenhuma continuidade lateral.
- Solo residual jovem, silte arenoso, de cor verde a vermelho, apresenta pouca ocorrência de solo residual maduro e sua espessura média é de 1,50m.
- Saprólito com granulometria argilo siltosa com pouca areia, de cor vermelha, com textura e estruturas da rocha original.



Figuras 40 e 41: UT – XIII - Perfil de solo (MC-0011) e metabásica (NS-0170), (Fonte: Acervo Andes).



▪ UT –XIV (Metasedimentos Camarinha)

São solos de alteração dos metasedimentos da Formação Camarinha do Grupo Açungui. Apresenta a predominância de metaconglomerados e metarenitos, mas também são encontrados metasiltitos. Esses solos estão formando relevos de colinas suaves e topos aplainados, apresentam declividades predominantes de 10-20% e localmente de 5-10%.

O perfil típico compreende:

- Solo transportado argiloso com clastos, de cor marrom, raso (0,5 a 1,0m) e imaturo, com pouca ou nenhuma continuidade lateral.
- Saprólito argila siltosa com clastos, de cor vermelho amarronzado, apresenta espessura média de 1,50m, consistência dura e plasticidade nula, com textura e estrutura da rocha original.

No perfil de solo desta unidade não foram verificados os solos residuais maduros e jovens, sendo abrupto o contato entre os solos transportados e o saprólito / rocha. Blocos de rocha e lajes são encontrados por toda a região.



Figuras 42 e 43: UT – XIV - Perfil de solo (MC-0987) e metaconglomerado (MC-0978), (Fonte: Acervo Andes).



▪ UT –XV (Tufo Vulcânico)

Solos provenientes da alteração das rochas vulcânicas da Formação Guaratubinha. Os solos estão formando relevos de colinas suaves e convergentes e apresentam declividades entre 5-10%.



Figuras 44 e 45: UT – XV - Perfil de solo (BB-0093) e saprólito de tufo vulcânico (BB-0054), (Fonte: Acervo Andes).



O perfil típico compreende:

- Solo transportado argiloso com clastos, de cor marrom, com espessura média de 0,65m e imaturo, pouca ou nenhuma continuidade lateral.
- Solo residual maduro argilo-siltoso com pouca areia, de cor marrom, com clastos sub angulosos e baixa esfericidade, apresenta uma espessura baixa com média de 0,5m.

- Solo residual jovem argilo siltoso com clastos, de cor castanha, com clastos subangulosos e esfericidade média. Apresenta uma baixa espessura com média de 0,6m.
- Saprólito silte argiloso com pouca areia, localmente paraconglomerado, de cor cinza a vermelho, plasticidade nula e consistência mole a média, apresenta textura e estrutura da rocha original.

▪ UT –XVI (Granito)

Sob estas denominações estão incluídos os solos residuais dos granitos. O relevo destas regiões é formado por morros e colinas arredondadas com vertentes convexas e a declividade predominante é de 5 a 10%. Blocos e lajes de rocha são encontrados por toda a região desta unidade.

O perfil típico compreende:

- Solo transportado argilo-siltoso, de cor marrom, raso (0,70m em média) e imaturo, com pouca ou nenhuma continuidade lateral.
- Solo residual maduro e jovem, argilo-arenoso, de cor vermelha, com pouca espessura.
- Saprólito argilo-arenoso, de cor vermelha a castanha, consistência muito mole, plasticidade baixa a nula, textura e estrutura da rocha original.
- Rocha são aflorante (blocos e laje).



Figuras 46 e 47: UT – XVI - Perfil (MC-0025) e amostra de granito (MC-1034), (Fonte: Acervo Andes).



▪ UT –XVII (Granitoides)

Esta unidade é composta por corpos de origem granítica. A grande maioria destes terrenos são da Suíte Serra do Mar, Complexo Atuba e Suíte Rio Piên. O relevo destas regiões é formado por morros e colinas arredondadas e apresentam declividade predominante de 10 a 20%.

O perfil típico compreende:

- Solo transportado argiloso com clastos, de cor marrom, imaturo e com espessura média de 0,55m, com pouca ou nenhuma continuidade lateral.
- Solo residual maduro argiloso, de cor castanha, apresenta uma espessura média de 1,0m, consistência média e plasticidade nula a baixa.
- Solo residual jovem argilo siltoso, de cor castanha, apresenta uma espessura média de 0,65m, consistência média e plasticidade nula.
- Saprólito siltoso, de cor castanho a rosa, com consistência muito mole e plasticidade nula, apresenta textura e estrutura da rocha original (foliação e veios).
- Rocha sã aflorante (blocos e laje).



Figuras 48 e 49: UT – XVII - Perfil de solo (MC-0739) e metabásica (MC-0202), (Fonte: Acervo Andes).



▪ UT –XVIII (Granito Guajuvira)

Esta unidade é composta por um granito porfirítico denominado Granito Guajuvira. Os solos de alteração desse granito estão formando um relevo de morros e colinas arredondados que possuem declividade que varia entre 10 e 20%.

O perfil típico compreende:

- Solo transportado argiloso e com clastos, de cor marrom raso e imaturo, com pouca ou nenhuma continuidade lateral e espessura média de 0,80m.
- Solo residual maduro argilo-siltoso com poucos clastos, de cor marrom, espessura média de 1,10m, consistência média e plasticidade nula.
- Solo residual jovem argiloso com clastos, de cor castanha, espessura média de 1,0m, consistência média e plasticidade nula.
- Saprólito silte argiloso, de cor castanha a vermelho, com consistência média e plasticidade nula, apresenta textura e estrutura da rocha original (foliação e pórfiros).
- São encontrados por toda a região desta unidade blocos e lajes de rocha sã ou pouco alterada.



Figuras 50 e 51: Bloco no terreno (BB-0477) e granito porfiróide (BB-0470), (Fonte: Acervo Andes).



▪ UT –XIX (Gnaiss-Migmatitos)

É constituída predominantemente de solos residuais (maduro, jovem e saprólito) de gnaiss-migmatitos do Complexo Atuba e eventualmente com inclusões de solos transportados (colúvio). O solo transportado é facilmente diferenciado do solo residual, por que entre ambos existe um nível de cascalho que é a base do solo transportado.

Os gnaiss-migmatitos apresentam geomorfologicamente topos alongados e aplainados com vertentes convexas, declividades predominantes de 10-20% e secundariamente declividades superiores. Foram verificados em solos residuais maduro e jovens matacões arredondados com diâmetro em torno de 1 metro.

O perfil típico compreende:

- Solo transportado, marcado na base pelos pavimentos centimétricos a métricos de seixos de quartzo, localizados normalmente a meia encosta e em vertentes inclinadas. Possui textura argilosa, de coloração castanha, média, com espessura média de 0,5m.
- Solo residual maduro, com textura argilosa a muito argilosa, por vezes argilo siltosa, de cor marrom, castanho a avermelhado e apresenta espessura média de 3,0 m.
- Saprólito de cor cinza-claro a escuro, variegado a vermelho, textura siltosa, média à argilosa, apresentando a estrutura original da rocha (bandeamento, mica, veios de quartzo, etc.).



Figuras 52 e 53: UT – XIX - Saprólito de gnaiss dobrado nas proximidades do ponto BB-0331 e saprólito de gnaiss (MC-0448), (Fonte: Acervo Andes).



▪ UT –XX (Granito-Gnaiss)

É constituída predominantemente de solos residuais (maduro, jovem e saprólito) de granito-gnaiss da Suíte Rio Piên e apresentam camadas de solos transportados (colúvio) no topo do perfil. Geomorfologicamente formam um “mar” de morros e colinas arredondadas com vertentes convexas e apresentam declividade entre 5 e 10%.

O perfil típico compreende:

- Solo transportado argilo-arenoso, de cor marrom, imaturo, espessura média de 0,80m, pouca ou nenhuma continuidade lateral.
- Solo residual maduro argilo-siltoso, de cor marrom a vermelha, com consistência média e plasticidade nula.
- Solo residual jovem argilo-siltoso, de cor vermelha a castanha, com consistência média, plasticidade nula e apresenta textura e estrutura da rocha original.
- Saprólito argilo-siltoso, de cor vermelha a castanha, possui consistência mole e plasticidade baixa, com textura e estrutura reliquiar da rocha original (bandamento, veios de quartzo, foliações). Eventualmente ocorrem matacões inseridos no saprólito.



Figuras 54 e 55: UT – XX - Perfil de solo (MC-0135) e granito-gnaiss (BB-0082), (Fonte: Acervo Andes).



3. SETORIZAÇÃO DE RISCOS

3.1 Aspectos Metodológicos

A setorização de riscos foi adaptada dos procedimentos adotados pelo Ministério das Cidades, IPT e Serviço Geológico do Brasil. A meta definida na fase de planejamento do Projeto era realizar a setorização de riscos em pelo menos 100 setores urbanos afetados por acidentes geológicos e/ou hidrológicos (movimentos gravitacionais de massa, afundamentos de terreno, erosões, inundações, enchentes ou alagamentos), ou considerados com suscetibilidade alta para estes fenômenos.

Antes do início do Projeto foi feita uma seleção e priorização, pela equipe técnica da Contratante, sendo efetivamente definidos 85 setores, que foram repassados para a Andes efetivar sua caracterização. No processo de seleção, a Contratante levou em conta dados fornecidos pelas Prefeituras, Pela Coordenação Estadual de Proteção e defesa Civil, levantamentos da CPRM e MINEROPAR, além da análise de imagens e verificações de campo.

O objetivo é verificar os processos atuantes, delimitar as áreas afetadas e avaliar riscos remanescentes, gerando uma base de dados sobre as formas de ocupação, padrões construtivos e infraestrutura urbana, gerando relatório com sugestões de medidas em cada caso para possibilitar as intervenções do poder público municipal.

O produto do reconhecimento inclui um mapa em escala de detalhe, com delimitação da área e relatório com identificação dos processos, dados obtidos e documentação fotográfica. As avaliações técnicas incluem sugestão de medidas preventivas ou corretivas, na forma de intervenções estruturais e não estruturais (obras de contenção, drenagem, educação ambiental, remoção ou relocação de moradores e moradias, entre outras).

Em resumo, a setorização envolve os seguintes passos:

- Compilação dos registros da Defesa Civil estadual e das Prefeituras ou Coordenadorias Municipais de Proteção e Defesa Civil, incluindo características dos eventos (cotas de cheias, épocas de recorrência, áreas afetadas em outros períodos);
- Delimitação dos setores com base nas imagens e bases topográficas de detalhe, referenciados ao Sistema de Projeção UTM, datum Sad69;
- Definição da tipologia do processo considerado (movimento gravitacional de massa, evento hidrológico, afundamento cárstico, entre outros);
- Diagnóstico e caracterização das condicionantes naturais e/ou antrópicas do local; inclinação das encostas, vegetação, etc.
- Características da ocupação, tipo de moradia, materiais e infraestrutura, indicação do número de moradias e pessoas residentes;
- Situação das águas servidas e pluviais;
- Verificação e descrição de feições de instabilização de encostas;
- Inserção dos dados no aplicativo de banco de dados;

3.2 Resultados Obtidos

Os relatórios de Setorização seguem a seguinte itemização padrão (ver exemplo no Anexo 1).:

INFORMAÇÕES CADASTRAIS
1. LOCALIZAÇÃO DO SETOR DE RISCO
2. RELEVO
3. COBERTURA VEGETAL
4. DRENAGEM
5. MATERIAL INCONSOLIDADO
6. SUBSTRATO ROCHOSO
7. EDIFICAÇÕES
8. INFRAESTRUTURA E SANEAMENTO
9. FEIÇÕES DE INSTABILIDADE
10. HISTÓRICO DE ACIDENTES
11. AVALIAÇÃO DE VULNERABILIDADE
12. SUBDIVISÃO DO SETOR DE RISCO
13. AVALIAÇÃO DE RISCO
14. CONCLUSÕES

Considerando ainda a importância destes estudos e as implicações para a abordagem da gestão pública perante o risco em suas áreas de atuação, a Contratada inclui uma Declaração de Responsabilidade para cada setor avaliado, com a identificação dos profissionais responsáveis.

Os 85 setores caracterizados estão representados na Figura 56. No Anexo 1 encontra-se um exemplo de relatório da Setorização (Setor SR 035).



Figura 56: Localização dos 85 Setores de Riscos na área do Projeto.



4. ORGANIZAÇÃO DE DADOS DIGITAIS

Os produtos de compilação de dados cartográficos e mapeamento foram combinados numa base de dados única, ajustada ao Sistema ArcGis. Considerando que toda a base de dados fornecida foi ajustada ao datum Sad69, os temas gerados no Projeto foram referenciados a esta base. A geração de produtos no sistema Sirgas2000, que é o padrão nacional, pode ser feita como rotina, por meio do software ArcGis.

Como já foi mencionado, a partir de um conjunto de cartas COMEC e SUDERHSA, foi necessário consolidar uma base topográfica única, adicionando-se dados de outras fontes, nos pontos sem cobertura. Além do ajuste entre as cartas, foi necessário um trabalho bastante oneroso de ajuste dos valores de curvas de nível, em função dos problemas encontrados.

Os dados estão organizados em diretórios relativos aos temas de mapeamento, como segue: 1 Substrato Rochoso, 2 Declividade, 3 Documentação, 5 Hipsométrico, 6 Hillshade, 7 Inconsolidados, 8 Uts.

O Diretório ARC contém os shapefiles relativos à base cartográfica e outros arquivos associados.

As fotos de campo estão armazenadas no diretório respectivo, contendo arquivos identificados pela sigla do Ponto de campo, em formato JPG. Estão disponíveis

Todos os pontos descritos estão armazenados no diretório respectivo.

Também estão disponíveis os projetos em ArcGis contendo os layouts relativos aos temas gerados no Projeto. De todos os layouts foram gerados os arquivos em formato PDF, dos mapas na escala 1:100.000 em Anexo a este Sumário Executivo.

- 1 Substrato Rochoso
- 2 Declividade
- 3 Documentação
- 5 Hipsométrico
- 6 Hillshade
- 7 Inconsolidados
- 8 UTs
- ARC
- FOTOS DE CAMPO
- IMG
- lyr
- PONTOS DE CAMPO

Figura 57: Organização de diretórios dos dados do Projeto.



A N E X O S

ANEXO 1 – Exemplo de relatório de Setorização de Risco (SR-35)

ANEXO 2 – Mapa de Documentação

ANEXO 3 – Mapa Hipsométrico

ANEXO 4 – Mapa de Declividades

ANEXO 5 – Mapa Geológico

ANEXO 6 – Mapa de Materiais Inconsolidados

ANEXO 7 – Mapa de Unidades de Terreno

**ANEXO 1 – Exemplo de relatório de Setorização
de Risco (SR-35)**

ANEXO 2 – Mapa de Documentação

ANEXO 3 – Mapa Hipsométrico

ANEXO 4 – Mapa de Declividades

ANEXO 5 – Mapa Geológico

ANEXO 6 – Mapa de Materiais Inconsolidados

ANEXO 7 – Mapa de Unidades de Terreno

