

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL
CONVÊNIO DNPM - CPRM

PROJETO
COBRE EM ITAPIRANGA
RELATÓRIO FINAL
VOLUME I
TEXTO


Eugenio Casimiro Szubert ✓

Carlos Antonio Grazia ✓

PHL Isao Shintaku ✓

196

PHL
013014
2007

 CPRM	SUREMI SEDATE
ARQUIVO TÉCNICO	
Relatório n.º	912
N.º de Volumes:	3 + Apêndice V.º: 1 - 5



COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

1979

**PROJETO
COBRE EM ITAPIRANGA
RELATÓRIO FINAL**

Chefe do Projeto

Geólogo Eugenio Casimiro Szubert ✓

Equipe Executora

Geólogos:

Carlos Alberto Kirchner ✓

Carlos Antonio Grazia ✓

Isao Shintaku ✓

Prospectores:

Adao Miguel S. Kern ✓

Vilson Goulart ✓

Participação

Geofísicos:

Cesar Eduardo T. Cardoso ✓

Paulo Eduardo da Silva ✓

Prospectores:

Floro Menezes Filho ✓

Vanderlei Scarduelli ✓

Lindomar Santos ✓

Supervisao

Geólogos:

Oscar Fuller (DEPEM) ✓

Vitório Orlandi Filho (DIVGEM) ✓

Luis Edmundo Giffoni (COREMI) ✓

**PROJETO
COBRE EM ITAPIRANGA
RELATÓRIO FINAL**

ÍNDICE DOS VOLUMES

VOLUME I	Resumo Abstract Introdução Metodologia Geologia Geoquímica Geofísica Geologia econômica Conclusões e recomendações Referências bibliográficas Resultados petrográficos (tabelas) Valores de cobre em rochas (tabelas) Fotografias e fotomicrografias
VOLUME II	Fichas de cadastro mineral Mapas geológicos (1:50.000 e 1:10.000) Mapa com informações gerais
VOLUME III	Mapas de distribuição geoquímica Sedimentos de corrente Solos (áreas-alvo) Mapas e perfis geofísicos Campo magnético total Polarização induzida

APRESENTAÇÃO

O presente relatório encerra o Projeto Cobre em Itapiranga, realizado na região do Alto Uruguai, em uma porção do norte-noroeste do Rio Grande do Sul e do extremo oeste catarinense, com o objetivo de obter parâmetros básicos de interpretação capazes de servirem de guias para a pesquisa de cobre em basaltos da província mesozóica da Bacia do Paraná. A pesquisa dessa área constou essencialmente de mapeamentos geológicos e de levantamentos geoquímicos e geofísicos.

O relatório é apresentado em três volumes. O volume I contém o texto, os resultados petrográficos, os valores de cobre em rochas e a documentação fotográfica; o volume II, as fichas de cadastro das ocorrências minerais e os mapas geológicos regionais (1:50.000) e das áreas-alvo (1:10.000); e o volume III, os mapas de distribuição geoquímica de cobre em sedimentos de corrente e em solos e os mapas e perfis geofísicos de campo magnético total e de polarização induzida (IP).

Os parâmetros analíticos de sedimentos de corrente, solos e rochas estão contidos em um apêndice, constituindo o cadastro geoquímico do projeto.

SUMÁRIO

	Folha
RESUMO	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUÇÃO	3
1.1 - HISTÓRICO	3
1.1.1 - Pesquisas no Oeste do Paraná	3
1.1.2 - Pesquisas no NNW do Rio Grande do Sul	5
1.1.3 - Projeto Cobre em Itapiranga	6
Antecedentes e Estudos Preliminares	6
Etapas de Execução e Geólogos Partici-	
cipantes	8
1.2 - OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS	11
1.3 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO	12
1.4 - AGRADECIMENTOS	14
2. METODOLOGIA	16
2.1 - MAPEAMENTO GEOLÓGICO	16
2.2 - AVALIAÇÃO DOS INDÍCIOS MINERALIZADOS	18
2.3 - PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA	19
2.3.1 - Sedimentos de Corrente	19
2.3.2 - Solos	21
2.3.3 - Rochas	22
2.4 - PROSPECÇÃO GEOFÍSICA	23
2.5 - MÉTODOS ANALÍTICOS	24
2.5.1 - Espectrografia de Emissão Semiquan-	
titativa	25
2.5.2 - Espectrofotometria de Absorção Atômica	
ca	26
3. GEOLOGIA REGIONAL E DE DETALHE	27
3.1 - GEOMORFOLOGIA	27
3.1.1 - Quadro Morfológico	27

3.1.2 - Drenagens e as Lineações Tectônicas	28
3.1.3 - Morfogênese dos Derrames Basálticos	30
3.2 - CONTEXTO GEOLÓGICO	34
3.2.1 - Vulcanismo Mesozóico	34
3.2.2 - Estrutura Geológica	36
3.2.3 - Alinhamentos Tectônicos	38
3.2.4 - Critérios de Correlação	40
3.3 - DERRAMES BASÁLTICOS	45
3.3.1 - Características Físicas	45
Possanças	45
Número de Derrames	47
Extensão	48
Comparações com Outras Áreas	51
3.3.2 - Alternância Estrutural	52
Zona Vesículo-Amigdaloidal	53
Estruturas Horizontais de Fluxo	54
Zona Intermediária	56
Ausência de uma Zona Vítreo Basal	57
Unidades de Fluxo	58
3.3.3 - Estruturas Intrusivas e Discordantes	59
"Diques Basálticos"	59
Diques Areníticos	59
Dique de Brecha	60
Veios Pegmatíticos	61
Fumarolas	61
3.3.4 - Petrografia. Um Resumo	62
Macroscopia	62
Texturas	63
Mineralogia	65
Classificação com Bases Mineralógicas	68
3.3.5 - Composição Química	70
Resultados e Comparações	70
Classificação com Bases Químicas	75
3.4 - ARENITOS E SILTITOS INTERCALARES	82
3.4.1 - Características de Campo	82
3.4.2 - Petrografia Simplificada	85

3.5 - BRECHAS VULCÂNICAS	86
3.5.1 - Referências Anteriores. Nomenclatura e Origem	86
3.5.2 - Tipos e Caracterização de Campo	89
Brechas de Topo de Derrame	89
Brechas de Frente de Derrame	93
Brechas de Dique	93
3.5.3 - Atividade Explosiva e Mecanismo de Formação	94
3.6 - SHEETS BÁSICOS DIFERENCIADOS	97
3.6.1 - Características e Relações de Campo	97
3.6.2 - Petrografia e Petroquímica	100
3.6.3 - Diferenciação Ácida e Pegmatítica	102
3.7 - DERRAMES RIODACÍTICOS	104
3.7.1 - Petrografia Simplificada	105
3.7.2 - Composição Química	106
3.7.3 - A Questão da Nomenclatura	109
3.8 - PETROGÊNESE DAS ROCHAS VULCÂNICAS MESOZÓICAS	112
3.8.1 - Mecanismos Responsáveis pelo Contraste entre Basaltos e Riodacitos	112
3.8.2 - Esquema Interpretativo da Evolução Geológica	115
4. GEOQUÍMICA	120
4.1 - SEDIMENTOS DE CORRENTE	120
4.1.1 - Generalidades	120
4.1.2 - Parâmetros Básicos do Cobre	121
4.1.3 - Relação entre Cobre Total e Magnetita	122
4.1.4 - Relação entre Cobre Total e Cobre a Frio	124
4.1.5 - Síntese dos Resultados	124
4.2 - SOLOS	126
4.2.1 - Unidades de Solos da Área do Projeto	126
4.2.2 - Interpretação dos Resultados das Áreas-Alvo	128

4.3 - ROCHAS	134
4.3.1 - Generalidades	134
4.3.2 - Valores Médios de Cobre em Basaltos	135
4.3.3 - Outros Elementos em Basaltos	137
4.3.4 - Cobre nos Derrames Riodacíticos	138
5. GEOFÍSICA	140
5.1 - GENERALIDADES	140
5.2 - INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	143
5.2.1 - Área de Vista Alegre	143
5.2.2 - Área de Flor da Serra	150
5.3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	156
6. GEOLOGIA ECONÔMICA	160
6.1 - MINERALIZAÇÕES DE COBRE ASSOCIADAS AOS DERRAMES BASÁLTICOS	160
6.1.1 - Preliminares	160
Resultados Anteriores ao Projeto	160
Cadastro das Ocorrências. Uma Apreciação	164
Comparações com Outras Regiões	167
6.1.2 - Metalogenia	173
(1) Depósitos de Intemperismo	174
Posicionamento nos Derrames e Áreas de Ocorrências	174
Minerais de Cobre e Associados	177
Texturas, Sucessão Deposicional, Substituição	179
Controle Geomorfológico e Classificação	184
Mecanismos Químicos	187
(2) Depósitos Magmáticos Tardios	192
Modos e Áreas de Ocorrências	192
Associação Mineral e Classificação	194
Origem do Cobre	195

	Folha
6.1.3 - Importância Econômica	197
Depósitos de Intemperismo	197
Depósitos Magmáticos Tardios	200
Minério Cuprífero de Baixo Teor. Re- servas	204
6.2 - JAZIMENTOS DE AMETISTA	210
6.2.1 - Associados aos Derrames Basálticos	210
6.2.2 - Associados aos Derrames Riódacíticos	215
6.3 - OUTROS DEPÓSITOS MINERAIS	216
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	218
7.1 - REVISÃO DOS RESULTADOS	218
7.1.1 - Relativos à Geologia Regional e de Detalhe	218
7.1.2 - Relativos à Prospeção de Cobre Resultados Geoquímicos de Sedimentos de Corrente, Solos e Rochas Resultados Geofísicos de Magnetome- tria e Polarização Induzida	223 223 224
7.1.3 - Metalogenia e Importância Econômica das Mineralizações Cúpríferas	225
7.2 - <i>METALLOTECTS</i> E METODOLOGIA PARA PESQUISA DE COBRE EM BASALTOS	228
7.3 - SELEÇÃO DE ÁREAS PARA FUTUROS LEVANTAMENTOS	233
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	236

RELAÇÃO DE FIGURAS

Volume I

No Texto

- 1 - Mapa de Localização, Área do Projeto e a Divisão Municipal.
- 2 - Drenagens de 1ª, 2ª e 3ª ordens.
- 3 - Derrame Basáltico nº 4 (cuprífero).
Área de Flor da Serra.
- 4 - Derrame Basáltico nº 4 (guia estratigráfico).
Área de São Judas Tadeu.
- 5 - Derrame Basáltico nº 6.
Área de São Paulo.
- 6 - Derrame Vesículo-Amigdaloidal nº 3.
Área de Santa Fé.
- 7 - Derrame Basáltico de Granulação Média e Grosseira.
BR-386, Km 429 (Fotos 21 e 22).
- 8 - Derrame Portador de Ametista.
BR-386, Km 420 (Foto 5).
- 9 - Histograma de Idades de Basaltos e Diabásios, obtido de Amaral, Cordani, Kawashita e Reynolds, 1966.
- 10 - Histograma de Idades de Basaltos, obtido de Melfi, 1967.

- 11 - Perfil Geológico Iraí-Frederico Westphalen. (BR-386).
- 12 - Paleofumarola ou Espiráculo no Topo do Derrame nº 6, Provocando Deformação Física e Térmica na Base do Derrame nº 7.
SC-472, Km 27, Santa Fé, Itapiranga.
- 13 - Histograma dos Teores de Anortita dos Plagioclásios dos Basaltos da Área em Estudo.
- 14 - Diagrama de Álcalis *versus* Sílica para Distinguir as Séries Basálticas.
- 15 - Diagrama de Murata (1960), Reproduzido de Barth (1962) *in* Rüegg (1975), para Classificação das Séries Basálticas.
- 16 - Diagrama Sílica *versus* Óxido de Potássio, segundo Middlemost (1975), Separando as Rochas Alcalinas das Subalcalinas.
- 17 - Diagrama Sílica *versus* Óxido de Sódio, segundo Middlemost (1975), Separando as Rochas Alcalinas das Subalcalinas.
- 18 - Diagrama Alumina *versus* Índice Alcalino (I.A.), segundo Middlemost (1975), Separando os Basaltos Toleíticos dos Basaltos Hiperáluminosos, para Rochas Subalcalinas.
- 19 - Posição Infra-Derrame dos Arenitos cinza-esverdeados. BR-386, Km 429.
- 20 - Diagrama AFM com Valores Médios, obtidos de Kuno (1967) para Corpos Básicos Intrusivos.

- 21 - Diagrama QAP de Streckeisen (1976) para Classificação das Rochas Vulcânicas Ácidas.
- 22 - Diagrama AFM para Basaltos da Área do Projeto Cobre em Itapiranga e Riolitos da Sequência Ácida do RS (BR-386).
- 23 - Perfil Esquemático ao Longo da BR-386.
Km 100 a 440.
- 24 - Esquema Interpretativo da Evolução Geológica das Rochas Vulcânicas Mesozóicas da Bacia do Paraná em uma Repartição Vulcano-Estrutural Específica (a partir de Treuil e Varet, 1973).
- 25 - Perfis Geológico e Geoquímico.
Área de Flor da Serra.
- 26 - Perfis Geológico e Geoquímico.
Área de São Judas Tadeu.
- 27 - Perfis Geoquímicos de Cobre em Basaltos da Área do Projeto. (Amostras com mais de 800 ppm de Cu em A.A. com indícios visíveis de cobre).
- 28 - Perfis Geoquímicos de Cu, V e SR em Derrames Riódacíticos do RS.
BR-386, entre Km 141 e 227,5
Análise Espectrográfica Semiquantitativa.
- 29 - Sequência Paragenética Completa Desenvolvida em uma Amígdala de Basalto.
- 30 - Controle Geomorfológico dos Depósitos de Cobre de Intemperismo. Área de Vista Alegre.

- 31 - Relações de Estabilidade entre Compostos de Cobre no Sistema Cu-H₂O-O₂ a 25°C e 1 atm de Pressão Total (Garrels e Christ, 1965).
- 32 - Relações de Estabilidade entre Compostos de Cobre no Sistema Cu-H₂O-O₂-S-CO₂ a 25°C e 1 atm de Pressão Total (Garrels e Christ, 1965).
- 33 - Histograma dos Valores de pH, obtidos pela CORSAN em Poços de Captação de Águas Subterrâneas.
- 34 - Superfícies de Tendência Representando Variação Regional de Cobre (ppm) nos Basaltos da Bacia do Paraná. RÜegg (1975).
- 35 - Superfícies de Tendência Representando a Variação Regional de Fe total (%) nos Basaltos da Bacia do Paraná. RÜegg (1975).
- 36 - Mapa Geológico da Área dos Jazimentos de Ametista do Alto Uruguai (Parcial).

RELAÇÃO DE TABELAS

Volume I

No Texto

- I - Possanças Medidas de Derrames Basálticos nas Áreas-Alvo.
- II - Composição Química de Basaltos da Área do Projeto Cobre em Itapiranga.
- III - Composição Média de Basaltos da Área do Projeto Cobre em Itapiranga em Comparação com Basaltos da Bacia do Paraná e com outras Províncias Basálticas Equivalentes.
- IV - Composição Média de Basaltos da Área do Projeto Cobre em Itapiranga em Comparação com os Diferentes Tipos de Basaltos de Platô.
- V - Petrografia Simplificada de Arenitos e Brechas Vulcânicas.
- VI - Composição Química (óxidos fundamentais) e Norma Catiônica de Diferenciados Ácidos da Formação Serra Geral.
- VII - Caracterização Petrográfica de Vulcanitos Localizados Fora da Área do Projeto.
- VIII - Teores de Cobre nas Frações -80 e -100 mesh e suas Relações com Percentuais de Magnetita. *Fill-in* em Sedimentos de Corrente. Área Flor da Serra.

- IX - Parâmetros Estatísticos de Cobre em Solos das Áreas-Alvo (Cálculo com valores inferiores a 500 ppm e distribuição lognormal).
- X - Coeficientes Aplicáveis para o Arranjo dipolo-dipolo.
- XI - Índícios de Cobre em Poços Tubulares Executados pela CORSAN.
- XII - Cobre Total em Basaltos. Perfil Caiçara-Vicente Dutra. Área do Projeto Cobre em Itapiranga.
- XIII - Cobre Total em Basaltos. Perfil Rio Amandaú-Linha Arnaldo. Município de Santo Cristo. Fora da Área do Projeto Cobre em Itapiranga.
- XIV - Minerais de Cobre e Tipos de Mineralização.
- XV - Teores de Cobre em Basaltos Amigdalóides e Fraturados com Depósitos de Cobre de Intemperismo.
- XVI - Teores de Cobre em Basaltos Amigdalóides sem Índícios de Cobre.
- XVII - Valores de Cobre em Basaltos da Zona Intermediária do Derrame nº 4.
- XVIII - Valores de Cobre em Basaltos não Amigdalóides e sem Índícios de Cobre.

Anexos

Anexo I - Valores de Cobre em Amostras de Rocha

- XIX - Valores de Cobre de Basaltos Toleíticos obtidos por Absorção Atômica, Espectrografia de Emissão Semiquantitativa e Análise Química (%).

- XX - Valores de Cobre em Rochas Vulcânicas da Formação Serra Geral do Extremo-Oeste Catarinense (amostras coletadas pelo geólogo Edison F. Suszczynski).
- XXI - Valores de Cobre em Vulcanitos Ácidos, obtidos por Espectrografia de Emissão Semi-quantitativa e Absorção Atômica (ppm).

Anexo II - Resultados Petrográficos

- XXII - Petrografia Simplificada dos Basaltos Toleíticos da Área do Projeto.
- XXIII - Petrografia Simplificada de Rochas Básicas da Área do Projeto (sem localização precisa). Parte dos trabalhos de pré-viabilidade na área de Itapiranga. DNPM/1º Distrito.

Anexo III

- XXIV - Resultados de Análises de Raios-X.

RELAÇÃO DE ANEXOS

VOLUME I

- I - Valores de Cobre em Amostras de Rocha
- II - Resultados Petrográficos
- III - Resultados de Análises de Raios-X
- IV - Fotografias e Fotomicrografias

VOLUME II

FICHAS DE CADASTRO MINERAL E MAPAS GEOLÓGICOS

- V - Fichas de Cadastro de Ocorrências Minerais
- VI - Mapa Geológico da Folha Itapiranga
- VII - Mapa Geológico da Folha Mondai
- VIII - Mapa Geológico da Folha Tenente Portela
- IX - Mapa Geológico da Folha Frederico Westphalen
- X - Mapa Integrado - Áreas-Alvo Macaco Branco -
Flor da Serra
- XI - Mapa Geológico da Área-Alvo Macaco Branco
- XII - Mapa Geológico da Área-Alvo Dourado

- XIII - Mapa Geológico da Área-Alvo Beato Roque
- XIV - Mapa Geológico da Área-Alvo Flor da Serra
- XV - Mapa Geológico da Área-Alvo Arroio Sociedade
- XVI - Mapa Geológico da Área-Alvo Linha União
- XVII - Mapa Geológico da Área-Alvo Vista Alegre
- XVIII - Mapa Geológico da Área-Alvo São Paulo
- XIX - Mapa Geológico da Área-Alvo São Judas Tadeu
- XX - Mapa Geológico da Área-Alvo Linha Morais
- XXI - Mapa da Área do Projeto-Informações Gerais

VOLUME III

ANEXOS DE GEOQUÍMICA

- XXII - Mapa de Distribuição Geoquímica
Sedimentos de Corrente - Folha Itapiranga
- XXIII - Mapa de Distribuição Geoquímica
Sedimentos de Corrente - Folha Mondai
- XXIV - Mapa de Distribuição Geoquímica
Sedimentos de Corrente - Folha Tenente Portela
- XXV - Mapa de Distribuição Geoquímica
Sedimentos de Corrente - Folha Frederico Westphalen

- XXVI - Mapa de Amostragem e Distribuição Geoquímica em Solos da Área-Alvo Macaco Branco
- XXVII - Mapa de Amostragem e Distribuição Geoquímica em Solos da Área-Alvo Dourado
- XXVIII - Mapa de Amostragem e Distribuição Geoquímica em Solos da Área-Alvo Beato Roque
- XXIX - Mapa de Amostragem e Distribuição Geoquímica em Solos da Área-Alvo Flor da Serra
- XXX - Mapa de Amostragem e Distribuição Geoquímica em Solos da Área-Alvo Arroio Sociedade
- XXXI - Mapa de Amostragem e Distribuição Geoquímica em Solos da Área-Alvo Linha União
- XXXII - Mapa de Amostragem e Distribuição Geoquímica em Solos da Área-Alvo Vista Alegre
- XXXIII - Mapa de Amostragem e Distribuição Geoquímica em Solos da Área-Alvo São Paulo
- XXXIV - Mapa de Amostragem e Distribuição Geoquímica em Solos da Área-Alvo São Judas Tadeu
- XXXV - Mapa de Amostragem e Distribuição Geoquímica em Solos da Área-Alvo Linha Morais

ANEXOS DE GEOFÍSICA

- XXXVI - Perfis Topográficos - Área de Vista Alegre

- XXXVII - Mapa de Perfis Rebatidos da Intensidade do Campo Magnético Total - Área de Vista Alegre
- XXXVIII - Polarização Induzida - Área de Vista Alegre - Perfil nº 1
- XXXIX - Polarização Induzida - Área de Vista Alegre - Perfil nº 2
- XL - Polarização Induzida - Área de Vista Alegre - Perfil nº 3
- XLI - Polarização Induzida - Área de Vista Alegre - Perfil nº 4
- XLII - Polarização Induzida - Área de Vista Alegre - Perfil nº 5
- XLIII - Polarização Induzida - Área de Vista Alegre - Perfil nº 6
- XLIV - Polarização Induzida - Área de Vista Alegre - Perfil nº 7
- XLV - Perfis Topográficos - Área de Flor da Serra
- XLVI - Mapa de Perfis Rebatidos da Intensidade do Campo Magnético Total - Área de Flor da Serra
- XLVII - Polarização Induzida - Área de Flor da Serra - Perfil nº 1
- XLVIII - Polarização Induzida - Área de Flor da Serra - Perfil nº 2
- XLIX - Polarização Induzida - Área de Flor da Serra - Perfil nº 3

- L - Polarização Induzida - Área de Flor da Serra - Perfil nº 4
- LI - Polarização Induzida - Área de Flor da Serra - Perfil nº 5
- LII - Polarização Induzida - Área de Flor da Serra - Perfil nº 6

APÊNDICE

CADASTRO GEOQUÍMICO

Parâmetros de Identificação, Descritivos de Campo
e Analíticos (A.A. - Cu)

Sedimentos de Corrente (fase regional e *fill-in*).

Solos (áreas-alvo de Macaco Branco, Dourado, Beato Roque, Flor da Serra, Arroio Sociedade, Linha União, Vista Alegre, São Paulo, São Judas Tadeu e Linha Morais).

Rochas (A.A. e % - Cu; S - 30 elementos).

RESUMO

O Projeto Cobre em Itapiranga foi realizado em uma área de 2.370 km², abrangendo uma porção NW do Rio Grande do Sul e do extremo-oeste de Santa Catarina, com o objetivo principal de estabelecer um modelo de prospecção de cobre em basaltos da província vulcânica da Bacia do Paraná.

Os trabalhos de pesquisa foram efetuados em duas etapas. A 1ª consistiu de mapeamentos geológicos (1:50.000) e do cadastro das ocorrências minerais de toda área do projeto, com vistas à prospecção geoquímica de sedimentos de corrente e ao planejamento da etapa seguinte. A 2ª etapa foi realizada em dez áreas-alvo, através de mapeamentos geológicos (1:10.000), prospecção geoquímica de solos e rochas e avaliação das principais áreas cupríferas. Nas áreas de Vista Alegre e Flor da Serra executaram-se ainda levantamentos geofísicos de polarização induzida (IP) e magnetometria.

A interpretação dos resultados desses levantamentos permitiu responder a quase todas as questões relativas às mineralizações de cobre da área e, além disso, possibilitou fornecer um quadro abrangente e atualizado da geologia e geoquímica das rochas basálticas da Bacia do Paraná.

Os mapeamentos geológicos regionais e de detalhe evidenciaram algumas feições inéditas na seqüência aparentemente monótona dos derrames basálticos e arenitos intertrápicos, com destaque para *shales* básicos com diferenciação ácida e pegmatítica, brechas vulcânicas de topo e frente de derrames, arenitos possivelmente subaquosos intercalados com lavas basálticas ricas em vidro e, ainda, diques de brecha (*pipas?*), fumarolas e veios pegmatíticos.

As possanças medidas dos derrames basálticos variam de 8 a 80 m, sendo que os valores mais frequentes situam-se entre 15 e 35 m. A partir do nível do rio Uruguai constatou-se o maior número de derrames superpostos, totalizando 14 derrames e 1 *shale* básico diferenciado. Para o derrame cuprífero (nº 4) da área de Macaco Branco comprovou-se uma extensão no campo de 30 km e estimou-se em aerofotos uma extensão superior a 60 km.

Quimicamente, os basaltos são toleíticos, em conformidade com sua mineralogia. São ainda subalcalinos, alguns com tendência a alcalinos e, excepcionalmente, hiperaluminosos. Destaque especial para o elevado teor de ferro total dos basaltos da área de estudo, superior ao obtido em basaltos de todas as demais províncias vulcânicas, inclusive a da Bacia do Paraná, reconhecidamente uma província rica nesse elemento.

Para explicar a grande diversidade de rochas da Formação Serra Geral propõe-se um modelo petrogenético correlacionado à evolução vulcano-estrutural das seqüências efusivas. Os basaltos dominantes da base corresponderiam ao estágio inicial de fissura, os termos intermediários (*islanditos*) ao estágio de vulcanismo de escudo e as lavas ricas em sílica ao estágio dômico final.

As mineralizações de cobre foram classificadas em dois tipos, denominados de intemperismo e tardi-magmáticos. Os primeiros estão representados por agregados coliformes de malaquita e crisocola na periferia, e tenorita, cuprita e cobre nativo nas partes mais centrais dos espaços abertos da zona vesicular dos últimos derrames, sob evidente controle hídrico-geomorfológico. O segundo tipo aparece em derrames de grande espessura, sob a forma de disseminações finas de cobre nativo em meio à rocha ou confinadas em microfaturas da zona intermediária, possivelmente relacionado a processos magmáticos tardios ligados ao mesmo derrame.

A prospecção geoquímica confirmou os condicionamentos das mineralizações de cobre e indicou principalmente uma dispersão secundária muito pequena a inexistente desse elemento. Os teores mais elevados de cobre restringem-se aos locais de ocorrências e estão caracteristicamente associados com zonas de *seepage*.

As concentrações de cobre de intemperismo possuem teores relativamente elevados (média de 2843 ppm), mas suas dimensões mostram-se restritas, sem continuidade lateral nos derrames. Inversamente, as disseminações magmáticas tardias de cobre nativo distribuem-se por grandes extensões, mas seus teores em cobre são baixos (média de 0,145%), subeconômicos. Os teores de cobre mais altos foram detectados nos basaltos da zona intermediária do derrame nº 4 da área de Macaco Branco. A reserva inferida dessa zona, para um teor médio de 0,15% de cobre, é de 11.000.000 ton.

Da integração dos resultados emergiram *metallotects* geomorfológicos, geológicos e geoquímicos bem definidos que recomendam métodos diretos em futuros trabalhos de prospecção de cobre em áreas basálticas similares da Bacia do Paraná, baseados em mapeamentos com enfoque metalogenético e em intensa amostragem de rochas e solos.

Foram selecionadas duas áreas mineralizadas com depósitos de intemperismo e uma com disseminações tardi-magmáticas de cobre nativo englobando o derrame nº 4 da área de Macaco Branco, com vistas a levantamentos de maior detalhe, compreendendo mapeamentos geológicos dirigidos para *metallotects* específicos, geoquímica de rochas e furos de sonda. Na província basáltica da Bacia do Paraná, os resultados geoquímicos regionais de cobre em basaltos e o registro das ocorrências cupríferas mais significativas concorrem para indicar a região oeste-sudoeste do Estado do Paraná como a mais prospectiva.

ABSTRACT

The Project Copper in Itapiranga covered an area of 2,370 km², located in a portion of MNW Rio Grande do Sul State and in westernmost Santa Catarina State, with the main objective of establishing a model for prospecting copper in the basalts of the Paraná Basin volcanic province.

Research work was undertaken in two stages. The first consisted of geological mapping (1:50,000) and compilation of ore mineral occurrences in the entire project area, with the view of geochemical prospecting of stream sediments and the planning of the following stage. The second stage was undertaken in ten target-areas through geological mapping (1:10,000), geochemical prospecting of soils and rocks, and the evaluation of the main copper-bearing areas. The areas of Vista Alegre and Flor da Serra were additionally covered by geophysical surveys, induced polarization (IP) and magnetometry having been used.

The interpretation of the results obtained from these surveys led to the solution of most questions pertaining to the copper mineralizations in the area, and allowed additionally the definition of a global and updated overview of the geology and geochemistry of the Paraná Basin basaltic rocks.

The regional and detailed geological mapping allowed the identification of a few as yet unknown features in the apparently monotonous sequence of basalt flows and inter-trapp sandstones, particularly basic sheets with acid and pegmatitic differentiates, top and front of flow volcanic breccias, possibly subaqueous sandstones interlayered with glass-rich basaltic lavas, and also breccia dykes (pipes?), fumaroles and pegmatitic veins.

The measured thicknesses of basalt flows vary from 8 to 80 m, and the most frequent values fall between 15 and 35 m. The largest number of superposed flows is 14, besides 1 basic differentiated sheet, with the Uruguay River at the base. The n 4 copper-rich flow from the Macaco Branco area was followed laterally for 30 km and probably extends for over 60 km.

The basalts are chemically tholeiitic in agreement with the mineralogy. They are also subalkaline and exceptionally, high-alumina; some tend to alkaline. It must be specially mentioned that the basalts occurring in the surveyed area have high total iron content. Such contents exceed those obtained in the other volcanic provinces, including the Paraná Basin, which is known to be iron-rich.

To explain the great diversity of rocks from the Serra Geral Formation a petrogenetic model is proposed which involves the volcanic-structural evolution of the effusive sequence. The basalts, dominant in the lower portion, would correspond to the initial fissure stage, the intermediate types (icelandites) to the stage of shield volcanism, and the silica-rich lavas to the final cumulo-volcano stage.

The copper mineralizations were classified in two types, respectively weathering and late-magmatic. The mineralizations of the first type are represented by colloform aggregates of malachite and chrysocolla on the rims, and tenorite, cuprite, and native copper in the core of the vesicular zone amygdals from the last flows, with an obvious hidrological-geomorphological control. The mineralizations of the second type show up in flows of great thickness, in the form of fine native copper disseminations in the rock or limited to microfractures in the intermediate zone, possibly related to late-magmatic processes related to the same flow.

Geochemical prospecting confirmed the setting of the copper mineralizations and indicated a particularly very small to non-existent secondary dispersion of the element. The highest contents in copper are restricted to the local copper occurrences and are characteristically associated with seepage zones.

The weathering concentrations of copper have relatively high values (2843 ppm in average), but their dimensions are small and without lateral continuity. Conversely, the late-magmatic disseminations of native copper cover large areas in certain flows, but the copper contents are low, subeconomic (0.145% in average). The highest economic potential of copper in basalts seems restricted to mineralized areas of low copper content and high tonnages. The highest copper values were detected in basalts from the intermediate zone of flow n 4 from the Macaco Branco area. The inferred reserve is 11.000.000 tons with 0.15% Cu in this zone.

Geomorphic, geologic, and geochemical metallogenetic showed up from the integration of the results obtained; direct methods are recommended in future copper prospecting surveys in similar basaltic areas of the Paraná Basin. Future work should be based on mapping with a metallogenetic view and an widespread rock and soil sampling.

Two mineralized areas with weathering deposits and one with late-magmatic native copper disseminations from the n 4 flow (Macaco Branco area) were selected for later more detailed work. This work should involve geological mapping oriented towards specific metallogenetic, geochemistry and drilling. In the Paraná Basin basaltic province, the regional geochemical surveys for copper and the study of the most significant copper anomalies indicate the west-southwestern region of the State of Paraná as the most favourable one.

1. INTRODUÇÃO

1.1 - HISTÓRICO

É bem provável que antes do descobrimento do Brasil o índio brasileiro já utilizasse o cobre que ocorre nas rochas basálticas do planalto meridional, especialmente sob a forma de pepitas nos aluviões e nos mantos de intemperismo dessas rochas.

1.1.1 - Pesquisas no Oeste do Paraná

Em Leonardos (1948) há um registro muito interessante e completo dos estudos e verificações realizadas em áreas de ocorrências de cobre de basaltos localizadas no oeste do Paraná, citando-se alguns a seguir:

- um relatório de 1866, dos engenheiros Joseph e Franz Keller Leuzinger, no qual "as ocorrências de cobre nativo da bacia do Ivaí e do planalto de Guarapuava são tidas como economicamente desinteressantes";
- um decreto imperial de 1877, prorrogado em 1880, pelo qual Alfredo Augusto Vidal foi autorizado a pesquisar cobre nos rios Ivaí, Paranapanema e afluentes do Paraná;
- "estudos meticolosos na zona cuprífera de Guarapuava e adjacências", procedidos pelo engenheiro José Francisco Thomaz do Nascimento, em 1883;
- em 1896 o engenheiro Uchoa Cavalcante coletou amostras de cobre da região de Guarapuava e, pos-

teriormente, o engenheiro militar Edmundo F.X. de Barros estudou a mesma região com vistas à pesquisa e à lavra dos depósitos de cobre;

- novas pesquisas em 1908 e 1911 foram realizadas em Guarapuava, Serra da Pitanga, rios Piquiri e do Cobre, chegando-se a resultados desanimadores;
- em 1922, o Dr. Ferencz, e em 1932, o engenheiro José Miranda Couto interessaram-se pela mineração do cobre da região, não levando avante tal intento;
- em 1936, Eugenio Bourdot Dutra, do Serviço de Fomento da Produção Mineral, visitou o povoado de Laranjeiras, observando apenas pequenas inclusões de cobre nativo em fragmentos de basaltos;
- Em 1939, Octávio Barbosa, chefe da Divisão de Fomento da Produção Mineral, enviou o engenheiro José Miranda para examinar as ocorrências de Guarapuava; em 1942, novamente a D.F.P.M., a pedido do seu chefe, Avelino I. de Oliveira, enviava outro técnico a essa região;
- a partir de 1943 foram concedidas várias autorizações a particulares para pesquisar cobre no município de Guarapuava; de posse desses decretos, os titulares procuraram a Laminação Nacional de Metais e outras empresas de São Paulo para custearem as pesquisas, sem sucesso;
- em 1947, os engenheiros Oscar M. da Costa e Plínio Lima, por um período de mais de 2 meses, pesquisaram as bacias dos rios do Cobre, Alto Ivaí

e Cantu; observaram cobre nativo disseminado na rocha ou em amígdalas com quartzo e calcedônia; as amostras mais representativas foram analisadas no Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo, revelando teores inferiores a 0,1% de cobre.

1.1.2 - Pesquisas no NNW do Rio Grande do Sul

Nos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul não se tem conhecimento de nenhum trabalho publicado a respeito dos depósitos de cobre da Formação Serra Geral, a não ser uma pequena nota de Leinz (1941) que faz referência a ocorrências de cobre nativo em basaltos nos municípios de Triunfo, Iraí, Santo Ângelo, Soledade, Santa Rosa e outros. Segundo este autor (*op. cit.*), o cobre nativo que aparece em basaltos no município de Santo Ângelo preenche "de vez em quando os poros formando pepitas normalmente de algumas gramas" e altera-se marginalmente em cuprita, malaquita e crisocola. Leinz (*op. cit.*) estima que "uma tonelada de minério não contém mais de cem gramas de cobre", mesmo considerando apenas as "manchas" mineralizadas como minério, enquanto o restante da massa é completamente estéril.

No NNW do Estado do Rio Grande do Sul, a Diretoria da Produção Mineral da Secretaria da Agricultura realizou em 1964-1965 uma pesquisa em algumas áreas de ocorrências de cobre em basaltos, uma das quais situada dentro da área do presente projeto (Vista Alegre) e outra adjacente (Chiquinha), ambas no município de Frederico Westphalen. Segundo o geólogo Darci de Souza Picada (informações verbais), que juntamente com o engenheiro George Ledrun Vilmont, foram os responsáveis por essa pesquisa, os resultados obtidos nas áreas referidas, após trabalhos de geologia de superfície, topografia e de aberturas de poços e trincheiras, foram con-

siderados sem valor econômico. Outras ocorrências de cobre em basaltos foram examinadas nos municípios de Três Passos, Tucunduva, Três de Maio e Guarani das Missões (aqui foram feitos três furos de sonda), com resultados igualmente desanimadores.

1.1.3 - Projeto Cobre em Itapiranga

Antecedentes e Estudos Preliminares

Os fatos que antecederam e culminaram na realização do presente projeto tem um histórico particular, independente dos trabalhos realizados em basaltos do oeste paraense e NNW do Rio Grande do Sul, referidos anteriormente. Neste histórico tem especial participação o geômetra Donato Simone Fiore, italiano, radicado em Itapiranga desde 1970. Em levantamentos topográficos realizados neste município, Fiore constatou a presença de cobre nativo em amostras de basaltos provenientes de pedreiras locais, interessando-se a partir daí progressivamente pelo assunto a ponto de convencer os diretores do Grupo Safrita a criar a Mineração Itapiranga Ltda., com alvará de funcionamento de 11 de setembro de 1972. Neste mesmo ano, a referida empresa requereu uma área de 981 ha. na localidade de Santa Fé, próxima à cidade de Itapiranga, para pesquisar cobre, obtendo o alvará em setembro de 1977. Este requerimento levou a Itapiranga o engenheiro Slawomir Piatnicki, do 1º Distrito do DNPM, para obter mais informações e verificar as ocorrências de cobre.

Durante o ano de 1975, por mais de uma vez, Donato Fiore esteve em Porto Alegre, no 1º Distrito do DNPM e na Sede da Superintendência Regional da CPRM. Nesta Companhia, manteve contato com seu superintendente, geólogo Pedro Ramos Bocchi, relatando as ocorrências e deixando amostras de

minério de cobre.

Estes contatos geraram uma série de visitas a Itapiranga por parte dos geólogos do DNPM para examinar *in loco* os depósitos de cobre. Távora (1976), em relatório de viagem, destaca a presença de cobre nativo em basalto maciço, colunar (microdisseminações na massa afanítica e ao longo de fraturas) e em basalto amigdalóide (acompanhado por quartzo, calcedônia, zeolitas). Este autor (*op. cit.*) descreve a mineralogia dos depósitos de cobre, acredita em várias possibilidades para explicar sua gênese e conclui que o "problema do cobre nos basaltos merece decisivamente estudo mais aprofundado". Ribeiro (1976), percorrendo os mesmos perfis de Távora (*op. cit.*), constata a presença de três derrames basálticos na região de Itapiranga e descreve quatro formas de ocorrências de cobre, procurando correlacioná-las aos citados derrames. Visitou também as ocorrências de Flor da Serra, em Tenente Portela (RS), considerando-as como as melhores exposições de cobre nativo e cuprita sob a forma de pepitas. Posteriormente, Ribeiro e Mossman (1976) voltaram a essa região, acrescentando novas informações, sem conseguirem correlacionar o derrame de cobre em pepitas de Flor da Serra com o derrame de cobre em palhetas de Itapiranga (Macaco Branco).

Neste período que antecedeu o início do Projeto Cobre em Itapiranga, a CPRM também realizou alguns estudos preliminares relativos ao assunto em pauta. Rheinheimer (1975), após examinar perfis e testemunhos de sondagem a percussão de poços tubulares executados pela CORSAN no planalto basáltico do Rio Grande do Sul, constatou a presença de cobre nativo em alguns intervalos dos poços perfurados na sede dos municípios de Boa Vista do Buricá, Ijuí, São Martinho, Caiçara, Cerro Largo, Horizontina e Santo Cristo. Este trabalho foi retomado posteriormente pelo presente projeto (através do estudante de geologia Volmir Trento, UNISINOS), observando-se cobre nativo e, às vezes, crisocola e malaqui-

ta, em amostras fragmentadas de poços executados nos municípios de Seberí, Alpestre, Caibaté, Boa Vista do Buricá, São Nicolau, Santo Cristo, Caiçara, Colorado e Salvador do Sul (tabela XI). Não foi possível correlacionar os intervalos mineralizados entre esses poços com indícios cupríferos, mas é notável a observação de que todos esses indícios concentram-se na região NNW do Estado do Rio Grande do Sul.

Em setembro de 1975, o geólogo Luis E. Giffoni (CPRM) examinou algumas ocorrências de cobre nos municípios de Frederico Westphalen e Seberí e coletou uma série de amostras de basaltos em dois perfis, um entre as cidades de Caiçara e Vicente Dutra (anexo IX) e outro próximo à cidade de Santo Cristo. Estas amostras, sem mineralização visível, foram analisadas pelo engenheiro Slawomir Piatnicki em outubro de 1975 para cobre total (%), revelando os resultados das tabelas XII e XIII.

Ainda resta mencionar os pedidos de pesquisa efetuados na área do projeto pelo Grupo Sondominas, requerendo 43 áreas, em 1975, em torno da área requerida pela Mineração Itapiranga Ltda., e 10 áreas, em 1976, cobrindo inteiramente as ocorrências de cobre de Flor da Serra, em Tenente Portela. Em 1977, durante a 1ª etapa de execução do presente projeto, a Companhia Brasileira de Cobre requereu 40 áreas, localizadas sobre as ocorrências de Vista Alegre, São Paulo, São Judas Tadeu e Linha União (anexo XXI).

Etapas de Execução e Geólogos Participantes

O Projeto Cobre em Itapiranga iniciou em 01 de agosto de 1977 com a participação efetiva dos geólogos Eugenio Casimiro Szubert (chefe do projeto), Carlos Alberto Kirchner e Isao Shintaku e dos prospectores Adão Miguel Silveira Kern e Vilson Goulart.

A etapa inicial (2 meses) constou de trabalhos de escritório de fotointerpretação de parte da área do projeto (cerca de 500 km²), confecção das bases cartográficas em escala 1:50.000 (folhas Itapiranga, Mondaí, Tenente Portela e Frederico Westphalen) e da preparação e análise de 30 resumos bibliográficos.

A primeira etapa de campo (6 meses) consistiu na execução simultânea dos trabalhos de mapeamento geológico em escala 1:50.000 e de cadastramento dos indícios de cobre, com vistas ao planejamento da atividade imediatamente seguinte de prospecção geoquímica de sedimentos de corrente. Os resultados dessa fase foram analisados conjuntamente na Etapa de Interpretação e Consolidação dos Dados (3 meses), visando à seleção de áreas-alvo para prospecções geoquímicas e geofísicas de maior detalhe.

A segunda etapa de campo iniciou-se em julho de 1978, contando com a participação do geólogo Carlos Antonio Grazia, em substituição ao geólogo Carlos Alberto Kirchner que passava para outro projeto. Esta etapa realizou-se nas dez (10) áreas-alvo (Macaco Branco, Dourado, Beato Roque, Arroio Sociedade, Flor da Serra, Linha União, São Paulo, São Judas Tadeu, Vista Alegre e Linha Morais, anexos XI a XX) selecionadas na fase anterior, constando de mapeamento geológico 1:10.000, avaliação dos indícios cupríferos e prospecção geoquímica de solos e rochas. Também realizou-se *fill-in* em sedimentos de corrente em algumas áreas (Flor da Serra, Linha Ervalzinho, Linha Dalmolin, Pacas, Lagoa Bonita, Alto Piraju, Monte Maria, Cristo Rei e Vista Alegre, anexos XXIII a XXV) que apresentaram valores de alto *background* e/ou anomalias de cobre em amostras desse material coletadas na primeira etapa de campo. Nas áreas-alvo de Vista Alegre e Flor da Serra, após a prospecção geoquímica de solos, executou-se ainda perfis geofísicos de Magnetometria e Polarização Induzida, com término na segunda quinzena de março de 1979. A execução dos trabalhos geofísicos ficou a cargo dos

geofísicos Paulo Eduardo da Silva (SUREG/SA) (parte da área de Vista Alegre) e César Eduardo Teixeira Cardoso (DIGEOF/DEPRO) (áreas de Flor da Serra e parte de Vista Alegre) e dos prospectores Floro Menezes Filho, Vanderlei Scarduelli e Lindomar Santos. Durante esta etapa, em atividades principalmente de escritório, contou-se com a colaboração dos estudantes de geologia Roberto Tondo e Antonio Pierino Gugliotta (UNISINOS), na qualidade de estagiários.

Todo material geoquímico coletado na 1ª e 2ª etapas de campo foi analisado no Laboratório de Análises Mineraiis (LAMIN) da CPRM, conforme o programa do projeto. Parte das amostras de solo foram analisadas na Superintendência Regional de Salvador (SECLAB/SA) por solicitação do LAMIN.

Os resultados analíticos foram submetidos a processamento eletrônico no Serviço de Processamento de Dados da CPRM no Rio de Janeiro com o acompanhamento do geólogo Gilberto J. Machado (DIGEOQ/DEPRO) na fase de implantação do Arquivo Geral e na elaboração do processamento estatístico.

O Departamento Nacional da Produção Mineral acompanhou o andamento dos trabalhos durante as etapas de campo através do geólogo Flávio Juarez Távora (DGM/DNPM/Brasília), o qual preparou ainda uma colaboração especial com vistas ao relatório final, por solicitação do chefe do projeto, abordando os mecanismos químicos de formação dos depósitos de cobre na área de estudo (Távora, 1979).

Participaram de todas as etapas do projeto, a nível de supervisão, os geólogos Oscar Füller (DEPEM), Vitório Orlandi Filho (DIVGEM/SUREG/PA) e Luis Edmundo Giffoni (COREMI/SUREG/PA).

Durante a segunda etapa de campo percorreram os pon

tos mais interessantes da área do projeto, pela ordem, os geólogos Pedro Ramos Bocchi (SUREG/PA), Bhaskara Rao Adusumilli (Consultor CPRM), Gustavo Noronha D. Gonçalves (DIGEOQ/DEPRO), Rui Ítalo Tessari (DAP), Clóvis Ático Lima Filho e Luiz A. Cruz Maciel (DNPM, 1º Distrito) e Edison F. Suszczyński (Diretor da Área de Pesquisas).

São autores do presente relatório os geólogos Eugenio Casimiro Szubert, Carlos Antonio Grazia e Isao Shintaku, com exceção da parte de Geofísica, de autoria do geólogo Antonio Flávio Uberti Costa.

1.2 - OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

O Projeto Cobre em Itapiranga teve os seguintes objetivos principais:

- o conhecimento das condições geológicas, estruturais e petrogenéticas que guiam os índices de cobre na área;
- o estabelecimento de critérios de distinção entre os derrames basálticos existentes na área, especialmente entre o(s) derrame(s) portador(es) de cobre e os demais não mineralizados;
- a expressão em superfície das ocorrências cupríferas em termos de anomalias geoquímicas e geofísicas;
- o padrão de dispersão do cobre em solos e em sedimentos de drenagem a partir de uma ocorrência cuprífera; e
- a possível economicidade dos índices de cobre identificados.

Em síntese, este projeto objetivou estabelecer um modelo global de prospecção e obter parâmetros básicos de interpretação, capazes de servirem de guias para a pesquisa de cobre em áreas similares.

O estudo das ocorrências de cobre em basaltos toleíticos de platô justificou-se pelo alto interesse do elemento em causa e tendo em vista que essas rochas, embora ocupem extensas áreas no sul do País, ainda não tinham sido estudadas com esse objetivo.

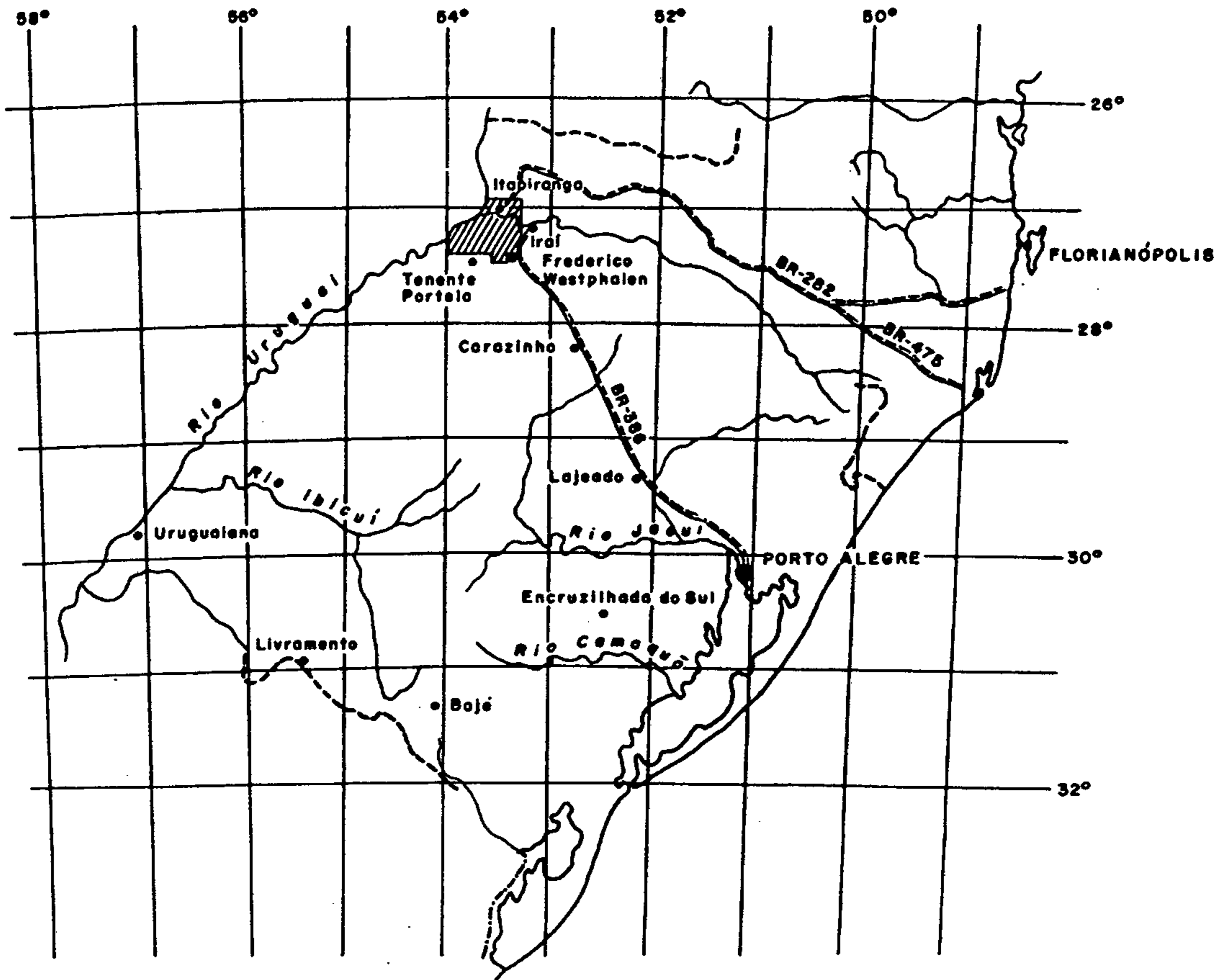
A área escolhida para realização deste trabalho justifica-se:

- por apresentar um número bastante grande de derrames basálticos superpostos (mais de 10), frequentemente expostos ao longo dos vales do rio Uruguai e seus afluentes; e
- por conter um número muito significativo de ocorrências de cobre (86 identificadas neste projeto), em vacúolos da zona amigdalóide dos derrames basálticos ou em fraturas e disseminações no seio da rocha da zona de disjunção vertical desses derrames.

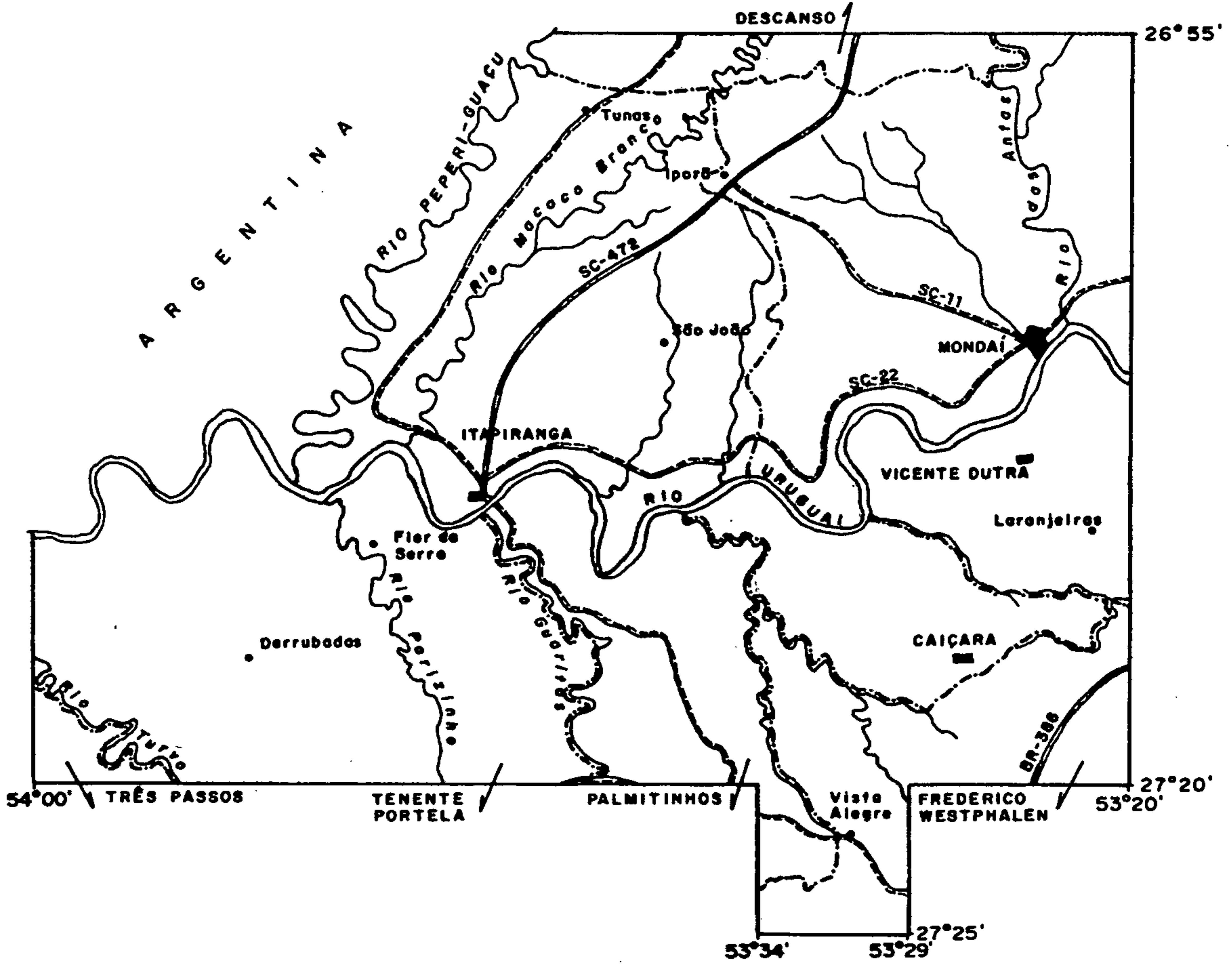
1.3 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área de estudo, com cerca de 2.370 km², tem as seguintes coordenadas geográficas:

Latitude S	Longitude W
26°55'	54°00'
27°20'	53°20'



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



ÁREA DO PROJETO E A DIVISÃO MUNICIPAL

fig. 1

Situa-se na região do Alto Uruguai, em uma porção NNW do Rio Grande do Sul e do extremo oeste catarinense, na divisa com a Argentina (fig. 1). Abrange parcialmente os municípios de Tenente Portela, Três Passos, Palmitinhos, Frederico Westphalen, Caiçara e Vicente Dutra no Estado do Rio Grande do Sul e os municípios de Itapiranga, Mondaí e Descanso no Estado de Santa Catarina.

No decorrer da fase de campo acrescentou-se à área original uma pequena superfície (cerca de 85 km²) para englobar um conjunto expressivo de índices de cobre que ocorrem em torno da localidade de Vista Alegre (fig. 1).

O acesso principal, através do Rio Grande do Sul, se faz pela BR-386 até a cidade de Frederico Westphalen e, em Santa Catarina, pela estrada estadual SC-472, com pavimentação asfáltica, até a cidade de Itapiranga. No interior da área distribui-se uma densa rede de estradas e caminhos municipais que atingem todas as vilas e propriedades particulares, mantendo-se em condições razoáveis de trafegabilidade durante todo o ano.

1.4 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às pessoas abaixo relacionadas a colaboração recebida durante a execução desse trabalho:

- ao Dr. Flávio Juarez Távora, do DNPM/Brasília, pelo encaminhamento na solução de questões relativas à gênese e ao quimismo dos depósitos de cobre;
- ao engenheiro agrônomo Carlos Lopes dos Santos Júnior, da SUDESUL, pelo esclarecimento no campo de aspectos pedológicos ligados ao caráter orient

tativo da prospecção geoquímica de solos;

- ao Dr. Pedro L. Sartori, da UFSM, pela introdução à geologia dos diferenciados ácidos da Formação Serra Geral, especialmente no que tange às suas características petrográficas;
- aos senhores Donato S. Fiore, Vitalino Cerutti, Dionysio Cerutti e João Lima, o primeiro residente em Itapiranga e os demais em Frederico Westphalen, pela boa vontade em mostrar as ocorrências de cobre conhecidas na região; e
- aos geólogos Luiz Fernando Fontes de Albuquerque (CPRM/Porto Alegre), J.M. da Motta Marques (CPRM/Rio) e Léo A. Hartmann (Unisinos), pelas sugestões e comentários relativos ao texto desse relatório.

2. METODOLOGIA

2.1 - MAPEAMENTO GEOLÓGICO

O mapeamento geológico de toda a área do projeto foi realizado a partir da fotointerpretação de aerofotos em escala 1:60.000 (USAF, 1965), sendo as informações lançadas em quatro bases cartográficas (Itapiranga, Mondaí, Tenente Portela e Frederico Westphalen (anexo VI a IX) em escala 1:50.000, obtidas por ampliação fotográfica de folhas da Diretoria do Serviço Geográfico (impresas em 1974) de escala 1:100.000. Nas áreas-alvo e suas circunvizinhanças, este mapeamento baseou-se em fotografias aéreas 1:25.000 (Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul S.A., 1975), melhorando sensivelmente a qualidade das informações. Aliás, a escala 1:25.000 comprovou ser a mais adequada para essa área de vulcanismo basáltico, em razão da existência de corridas de lavas de pequena espessura (10 a 15 m), cuja representatividade torna-se praticamente impossível na escala 1:50.000. Em algumas áreas (parte leste da folha Mondaí e porção sudoeste da folha Tenente Portela, por exemplo) sem ocorrências de cobre, o mapeamento geológico 1:50.000 não teve um apoio de campo compatível com essa escala, baseando-se fundamentalmente em fotointerpretação, com verificações apenas em algumas seções do terreno.

Para a interpretação tectônica regional usou-se mosaicos semi-controlados de radar (1:250.000, LASA, 1975/76), havendo uma coincidência bastante boa entre as lineações tectônicas marcadas nestas imagens e as indicações feitas em aerofotos 1:60.000.

Os mapas geológicos 1:50.000, acompanhados de seção composta da área geologicamente mais representativa da folha e do cadastro de todas as ocorrências de cobre (por der

rame e zona do derrame), forneceram uma visão do contexto geológico regional e dos controles da mineralização cuprífera, possibilitando a seleção de áreas mais promissoras com vistas às prospecções geoquímicas (solos) e geofísicas (IP e magnetometria) de maior detalhe.

Nas áreas-alvo executou-se um mapeamento geológico na escala aproximada de 1:10.000, em bases cartográficas resultantes da ampliação de fotografias aéreas em escala 1:25.000 (anexos XI a XX). Este trabalho foi acompanhado de pelo menos um perfil geológico-topográfico para cada área-alvo, o qual foi construído com o auxílio de teodolito, propiciando um conhecimento bastante detalhado das condições geomorfológicas, estruturais e petrográficas que guiam as mineralizações de cobre na área.

Elaborou-se ainda um mapa geológico em escala 1:50.000, integrando as informações das áreas-alvo de Macaco Branco e Flor da Serra (anexo X). Este mapa mostra a correlação estratigráfica entre os derrames basálticos das duas áreas, a distribuição horizontal do derrame com cobre nativo disseminado e em fraturas na área de Macaco Branco e o fato de ser ele o mesmo derrame com depósitos de oxidados de cobre em Flor da Serra.

A visão física geral da área do projeto é mostrada por um mapa 1:100.000 com divisão municipal (anexo XXI), contendo as ocorrências minerais, as áreas-alvo com detalhamento geoquímico e geofísico, as áreas requeridas para pesquisa e a área sugerida para prospecção de cobre em maior detalhe.

Em apoio aos mapeamentos geológicos realizou-se 85 análises petrográficas (anexo II) e 21 análises químicas quantitativas de rochas (óxidos) (tabelas II e VI), visando à caracterização petrográfica e petroquímica de todas as

litofácies (derrames basálticos, arenitos intertrápicos e as associações híbridas vulcano-sedimentares), de interesse para os objetivos do projeto. As análises petrográficas foram realizadas no Laboratório de Análises Mineraiis (LAMIN) da CPRM (petrógrafos Evaldo Osório Ferreira, Adelina Arduino de Magalhães e Jair da Silva Araújo), Universidade do Vale do Rio dos Sinos (geólogo Léo Afraneo Hartmann), Instituto de Geociências da UFRGS (geólogo Jorge Alberto Villwock) e na Superintendência Regional de Porto Alegre da CPRM (geólogo Luis Carlos da Silva).

Utilizou-se ainda os resultados de 16 análises petrográficas (tabela XXIII do anexo II) executadas no LAMIN como parte dos trabalhos de pré-viabilidade realizados pelo DNPM, 19 Distrito, na área do projeto.

2.2 - AVALIAÇÃO DOS INDÍCIOS MINERALIZADOS

Concomitantemente aos mapeamentos geológicos foi realizada a avaliação dos indícios mineralizados da área do projeto e vizinhanças, resultando no cadastro de 105 ocorrências mineralis, sendo 86 de cobre, 15 de quartzo, calcidônia, ametista e ágata, 2 de magnetita, 1 de manganês e 1 de água termomineral.

O registro completo de todas as ocorrências e sua avaliação sumária foram feitos em fichas de cadastro especialmente elaborados para esse trabalho, enfocando as peculiaridades das mineralizações de cobre em derrames basálticos, conforme modelo na folha 165 desse relatório.

A localização dos indícios mineralizados aparece nos mapas geológicos, com uma classificação por derrame basáltico, zona do derrame e tipo de mineralização, permitindo uma visualização rápida de regiões cupríferas e/ou de derrames

mineralizados, ou ainda de indícios pontuais sem maior significação. As ocorrências minerais também estão plotadas no mapa geral da área do projeto (anexo XXI) e nos mapas geoquímicos de sedimentos de corrente (anexos XXII a XXV).

O conteúdo metálico e não metálico dos diversos tipos de mineralização de cobre foi estudado através de 11 análises calcográficas (geólogos Léo A. Hartmann da UNISINOS e Jorge Alberto Villwock do Instituto de Geociências da UFRGS) (tabela XIV) e de 3 análises de difração de raios-X (LAMIN) (anexo III). Usou-se também os resultados do LAMIN de 2 análises calcográficas e 10 de difração de raios-X (DNPM, 1º Distrito, Estudos de Pré-viabilidade).

Algumas amostras de rochas de derrames basálticos mineralizados foram submetidas à análise química quantitativa para determinação do teor de cobre (%) (tabela XIX do anexo I).

O comportamento espacial de alguns locais com indícios de cobre foi observado na área de Flor da Serra através de 3 poços rasos (1 a 2 m), abertos em basaltos amigdalóides intensamente intemperizados (anexo XIV).

Realizou-se ainda a análise de perfis e amostras de calha de mais de uma centena de poços tubulares profundos executados pela CORSAN no planalto basáltico do RS, constatando-se a presença de cobre em diferentes intervalos de 19 desses poços (tabela XI).

2.3 - PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA

2.3.1 - Sedimentos de Corrente

Com um conhecimento prévio da geologia e da dis-

tribuição em superfície das principais ocorrências cupríferas, utilizou-se uma densidade média de amostragem para sedimentos de corrente de aproximadamente uma amostra para cada 4 km², de acordo com a programação do projeto. Foram coletadas nesta etapa 626 amostras em drenagens de primeira, segunda e terceira ordens, conforme as convenções utilizadas em geoquímica (fig. 2). A união de duas drenagens de mesma ordem resulta em uma de ordem superior, conforme esquema da figura abaixo. As técnicas de amostragem são aquelas já consagradas em nosso meio.

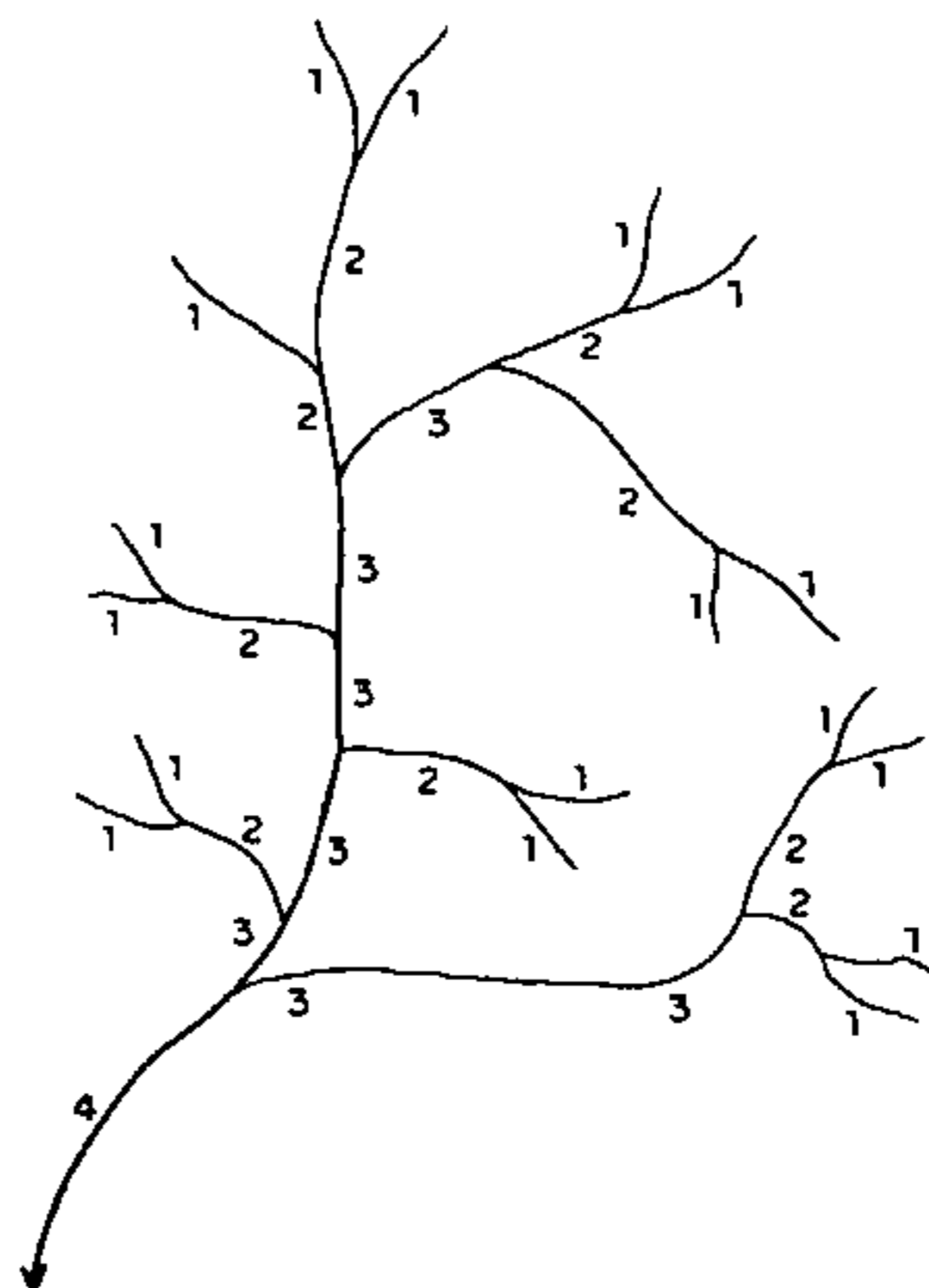


Fig. 2 - Drenagens de 1^a, 2^a e 3^a ordens

Em áreas com ocorrências de cobre houve um detalhamento maior, chegando-se até a uma amostra para cada 2 km². Na parte da área do projeto, correspondente à Reserva Florestal do Rio Turvo (anexo XXIV) (município de Tenente Portela), não houve amostragem devido à impossibilidade de acesso e à intensa cobertura vegetal que impede até mesmo estudos de fotointerpretação.

Em dois locais (amostras IS-627C e 626C), junto ao rio Uruguai e com marcante concentração de magnetita em se-

dimentos de praia, coletou-se amostras de concentrados de bateia que foram analisados para cobre.

Após a etapa de amostragem com enfoque regional, nas drenagens com valores elevados de cobre efetuou-se *fill-in* (104 amostras) para testar a persistência de tais valores (anexos XXXIII a XXV).

2.3.2 - Solos

A prospecção geoquímica de solos foi realizada em dez áreas-alvo, selecionadas com base em critérios geológicos, ocorrências cupríferas e em valores elevados de cobre em sedimentos de corrente.

Em cada área-alvo usou-se como base de trabalho fotografias verticais na escala aproximada de 1:10.000, obtidas da ampliação fotográfica de aerofotos 1:25.000. Sobre tais bases traçou-se com tinta lavável os perfis, sendo os intervalos de amostragem de 25 m, 50 m e, em alguns locais, de 100 m. A malha mais usada, porém, foi a de 50 m x 50 m, de acordo com o programa do projeto. Em todos os casos procurou-se adaptar a malha de amostragem em função do derrame ou zona mineralizada e/ou dos valores elevados de cobre em sedimentos de corrente. Em todas as áreas-alvo a amostragem visou testar todos os derrames basálticos presentes, bem como a possível continuidade da mineralização ao longo de um determinado derrame.

O horizonte amostrado foi quase sempre o C, salvo raras vezes em que amostrou-se o horizonte B, como aconteceu nas áreas de Flor da Serra e Vista Alegre, onde os solos são mais desenvolvidos (foto 28). Nas demais áreas-alvo, a topografia muito acidentada gera solos rasos com muitas pedras soltas, permitindo uma amostragem segura apenas do horizonte C (foto 27).

A prospecção geoquímica de solos foi precedida de um reconhecimento dos tipos de solos e seus horizontes, contando-se para tal com o concurso do engenheiro agrônomo Carlos Lopes dos Santos Júnior da Superintendência do Desenvolvimento da Região Sul, SUDESUL.

2.3.3 - Rochas

O número previsto de amostras de rochas (80) com análises de absorção atômica e espectrografia de emissão mostrou-se muito inferior ao desejável para uma avaliação geoquímica mais completa de todas as litofácies presentes na área, principalmente daquelas relacionadas com mineralizações de cobre. Por essa razão coletou-se um número um pouco maior, ainda insuficiente, de amostras de rochas, as quais foram submetidas, além das análises de absorção atômica e espectrografia previstas, a análises químicas quantitativas para determinação do teor de cobre (%) de rochas possivelmente mineralizadas e da composição em óxidos (%) de todos os tipos petrográficos de basaltos da área. Coletou-se 95 amostras de basaltos para análise geoquímica, 14 para análise química quantitativa de cobre e 21 para análise química quantitativa de rocha (óxidos fundamentais). Todas as amostras para análises químicas quantitativas foram analisadas também petrograficamente, o mesmo acontecendo com as amostras geoquímicas, com exceção dos casos em que houve repetição do tipo petrográfico.

No final do projeto, o geólogo Edison Suszczyński (DAP) coletou 16 amostras de basaltos e 1 de quartzo-porfíro do oeste catarinense que foram analisadas no LAMIN por absorção atômica (Cu) e espectrografia de emissão (30 elementos) (tabela XX do anexo I).

A locação das amostras de rochas e os seus resul-

tados de análises estão plotados nos mapas geológicos das folhas (1:50.000) e das áreas-alvo (1:10.000). Além disso, construiu-se tabelas com os resultados analíticos acompanhados das características petrográficas e da posição estratigráfica da rocha e sua localização no derrame basáltico (anexo I).

2.4 - PROSPECÇÃO GEOFÍSICA

A prospecção geofísica foi realizada no final da 2ª etapa de campo nas áreas-alvo de Vista Alegre e Flor da Serra, tendo em vista o grande número de indícios cupríferos e de altos valores de cobre em sedimentos de corrente evidenciados nestas áreas durante a 1ª etapa de campo. Um fator secundário na seleção das áreas de Vista Alegre e Flor da Serra é o relevo, relativamente suave, favorável à execução dos métodos geofísicos escolhidos.

Em ambas as áreas as mineralizações cupríferas preenchem pequenos espaços abertos (vacúolos e juntas) existentes no topo de basaltos amigdalóides, comportando-se no conjunto como depósitos disseminados. Esta condição determinou o uso do método geofísico de polarização induzida (IP), o qual pode detectar mineralizações disseminadas de cobre nativo, uma vez que esse mineral fornece bons efeitos de polarização.

Executou-se também o método magnético, conjuntamente com o IP, visando estabelecer um possível relacionamento das mineralizações de cobre com um aumento ou diminuição do teor de magnetita das encaixantes. O uso conjunto desses dois métodos possibilita a distinção das anomalias de IP provocadas por concentrações de magnetita (ruído) daquelas produzidas por concentrações de cobre nativo (sinal).

Para aplicação do método de polarização induzida (domínio da frequência) utilizou-se o equipamento IP McPhar P-660 completo, com as frequências baixa de 0,3 Hz e alta de 2,5 Hz. O arranjo empregado foi o dipolo-dipolo axial, com espaçamento de 50 metros entre os eletrodos, tendo sido investigado, na área de Vista Alegre, até o nível 4, em perfis afastados de 500 metros e, na área de Flor da Serra, até o nível 7, em perfis separados entre si de 200 metros.

Para a magnetometria usou-se magnetômetros de precessão protômica (campo total), modelo G-816 da Geometrics. As leituras foram feitas sobre os perfis de IP a cada 50 metros na área de Vista Alegre e a cada 25 metros na área de Flor da Serra. Realizou-se leituras de base para correção da variação diurna do campo magnético, com intervalo máximo entre as leituras de duas horas.

Foi executado um total de 25.350 metros de perfis com os dois métodos, sendo 21.000 metros na área de Vista Alegre (7 perfis de 3.000 metros cada um) e 4.350 metros na área de Flor da Serra (6 perfis de comprimento diferentes). Todos os perfis geofísicos tem direção E-W e coincidem aproximadamente com os perfis geoquímicos de solos (anexo XIV e XVII).

2.5 - MÉTODOS ANALÍTICOS

As amostras de sedimentos de corrente e solos foram submetidas à secagem, no laboratório, em estufa a uma temperatura em torno de 80°C. Posteriormente, a fração granulométrica menor que 80 *mesh* foi separada por peneiramento e em seguida pulverizada numa fração inferior a 150 *mesh*, sendo esse material enviado para determinação analítica. As amostras de rocha foram pulverizadas diretamente numa fração menor que 150 *mesh*.

Todo o material coletado foi enviado ao Laboratório de Análises Mineraias (LAMIN) da CPRM no Rio para ser analisado quimicamente de acordo com o programa do projeto. Algumas amostras de solos foram analisadas na Superintendência Regional de Salvador (SECLAB/SA) por solicitação do LAMIN.

As amostras de sedimentos de corrente, solos e rochas foram submetidas à análise de espectrografia de emissão semiquantitativa para 30 elementos e espectrofotometria de absorção atômica para cobre. Parte das amostras de rocha foram analisadas por espectrofotometria de absorção atômica também para ouro e prata e quimicamente por métodos quantitativos para determinação do teor de cobre (%), dos óxidos fundamentais (%) e raramente de elementos-traço (tabela II, tabela VI e tabelas XIX, XX e XXI do anexo I). A seguir são descritos sucintamente os métodos analíticos.

2.5.1 - Espectrografia de Emissão Semiquantitativa

Neste método, 10 mg de amostra, previamente moída a menos 150 *mesh*, são misturadas com 20 mg de pó de grafite, espectrograficamente puro, e a mistura é colocada em eletrodo de grafite. As amostras são queimadas em espectrógrafo Wadsworth 1,5, marca JARREL/ASH, durante 2 minutos e 15 segundos e as linhas emitidas por cada elemento são registradas em filme Kodak Sa-1. A revelação e fixação são executadas com revelador Kodak-D-19 durante 2 minutos e a 18°C.

A comparação do filme das amostras com um filme de padrões espectrográficos obtidos em iguais condições é feita visualmente em comparador JARREL/ASH.

Os padrões utilizados obedecem à série 1-2-5-10-20-50-100 ppm etc., e interpolações visuais entre esses valores

são sempre dados como 1,5-3-7-15-30-70 ppm etc.,

2.5.2 - Espectrofotometria de Absorção Atômica

Um grama de amostra pulverizada a menos 150 *mesh*, tratada com ácido nítrico concentrado a quente por duas horas (abertura parcial) é diluída com água deionizada a um volume de 10 ml, homogeneizada, centrifugada e lida num espectrofotômetro de absorção atômica Perkin-Elmer modelo 103, calibrado com padrões de cobre em ácido nítrico 8M. O limite de sensibilidade é 5 ppm. Para a dosagem do cobre a frio (amostras de sedimentos de corrente e parte de solos), o procedimento foi semelhante, apenas a abertura foi com HCl 6M a frio para as amostras analisadas no LAMIN e 1N na Seção de Laboratório (SECLAB) da Superintendência Regional de Salvador.

3. GEOLOGIA REGIONAL E DE DETALHE

3.1 - GEOMORFOLOGIA

3.1.1 - Quadro Morfológico

A área de estudo situa-se no Planalto Meridional ou Gonduânico (Ab'Saber, 1964), na porção denominada de Zona das Missões por Almeida (1956). Apresenta um relevo acidentado, fortemente dissecado, com perfis escalonados que se suavizam em direção ao rio Uruguai. Todos os cursos d'água, encaixados em vales profundos que adquirem comumente feições de *canyons*, dirigem-se invariavelmente para esse rio.

Possui as maiores elevações nas porções norte (Iporã, Cristo Rei e São Lourenço, em torno de 600 m), sudeste (cidades de Frederico Westphalen e Caiçara, em torno de 570 m) e sudoeste (cidade de Tenente Portela, 530 m), decaindo na direção do rio Uruguai para valores de 200 m no extremo leste e 160 m no extremo oeste da área.

Do ponto de vista estrutural, resulta do empilhamento de sucessivos derrames basálticos, com finíssimas e descontínuas intercalações de arenitos eólicos e/ou brechas vulcânicas. As discontinuidades físicas desses derrames basálticos decorrentes das fraturas verticais e horizontais; as diferenças petrográficas devidas aos diferentes tipos de derrames unitários; a presença de zonas superiores e basais com apreciável quantidade de vesículas e material vítreo; além dos níveis de arenitos e de brechas vulcânicas, vão determinar as formas mais comuns de relevo:

- (1) o contato alternado entre essas camadas distintas estabelece condições de intemperismo mais intenso que facilitam a formação de patamares nas

zonas de diaclasamento horizontal ou de contato entre os derrames (foto 4);

- (2) a zona intermediária ou central do derrame, constituída de rocha mais compacta e com diaclasamento vertical, propicia a formação de encostas abruptas (agudas) do tipo côncavo-retilíneo (*cornijas*, segundo Gomes, 1976); e.
- (3) a sucessão de patamares, gerando um relevo escalonado em degraus, e sua terminação superficial em *mesetas* e *cornijas* constituem, em linhas gerais, o quadro morfológico da área (foto 4).

3.1.2 - Drenagens e as Lineações Tectônicas

No quadro morfológico acima delineado desenvolvem-se as vertentes e as drenagens. As vertentes são normalmente móveis, adaptadas à conformação morfológica e sujeitos a movimentos de massa que até hoje registram-se na paisagem. Desse modo, o entalhe das drenagens é um processo dinâmico e contínuo, gerando os movimentos de massa que vão formar os terraços aluviais pelo solapamento do fundo dos vales.

Nas partes mais altas, onde há formação de solos profundos, a declividade das encostas e vertentes são pequenas, com talwegues rasos, topografia suave em forma de coxilhas e imensa amplitude de horizonte. Nestas condições, a densidade de drenagem também é pequena, impedindo uma amostragem geoquímica mais significativa através de sedimentos de corrente, pela falta de uma treliça de drenagem que cubra homogeneamente a área prospectável.

Nas porções mais baixas, próximas ao rio Uruguai e seus tributários, onde o relevo é fortemente ondulado e os

solos muito rasos a inexistentes, a declividade das vertentes e encostas atinge valores altos, muitas vezes superiores a 45° . Nestas condições e em presença de lavas basálticas sub-horizontalizadas, a rede de drenagem tem densidade média, apresenta uma tropia bidirecional, com angularidade média a alta, destacando-se formas retilíneas e em arco.

A direção dos vales ou as lineações da drenagem estão comumente encaixadas em zonas de maior concentração de fraturas ou juntas. Tais lineações tectônicas são interpretadas como traços de fratura (Lattman & Matzike, 1961), sendo mais facilmente visualizáveis em fotografias aéreas. Por essa razão são chamadas de *airphoto linears* (Boyer & McQueen, 1964) ou, mais adequadamente, de fraturas fotogeológicas (Setzer, 1966). No terreno são observáveis no fundo de vales retilíneos faixas de diaclasamento com direções concentradas predominantemente ao longo do eixo do próprio vale.

Os alinhamentos de drenagens são interpretados como lineações tectônicas quando retilíneos, podendo ser bi e multidirecionais, pois os esforços aplicados sobre as rochas são de duas ou mais direções. O rio Uruguai, por exemplo, possui trechos retilíneos com duas direções preferenciais, NE e NW, as quais formam entre si ângulos de 70 a 90° , constantes para toda área.

Os alinhamentos de relevo em arco ou retilíneos, gerando drenagens da mesma forma, nem sempre correspondem às lineações tectônicas. Em alguns casos, podem ser interpretados como traços de acamamento (Soares e Fiori, 1976), resultando da disposição sub-horizonta e tabular dos derrames basálticos. Constituem a expressão em superfície de camadas mais resistentes ao intemperismo (arenitos silicificados, brechas vulcânicas) ou a intersecção das lavas basálticas com a superfície.

Sem controle tectônico merecem referência ainda as ravinas que constituem um processo generalizado que pode ser observado em qualquer área escarpada. Os rios que correm por essas ravinas são filetes d'água intermitentes. Em vertentes muito íngremes, as ravinas são ativas, arrastando consigo a vegetação e fornecendo o material que vai se depositar no fundo dos vales.

3.1.3 - Morfogênese dos Derrames Basálticos

É bem conhecida a seção típica de uma corrida de lava basáltica (Leinz, 1949; Guidicini e Campos, 1968), com uma zona de disjunção horizontal na base, uma zona intermediária com fraturamento predominantemente vertical, uma zona de disjunção horizontal superior e uma zona vesículo-amigdaloidal no topo (fig. 3). As características estruturais dessas zonas propiciam a formação de um perfil morfológico também típico, conforme pode ser visto na figura abaixo.

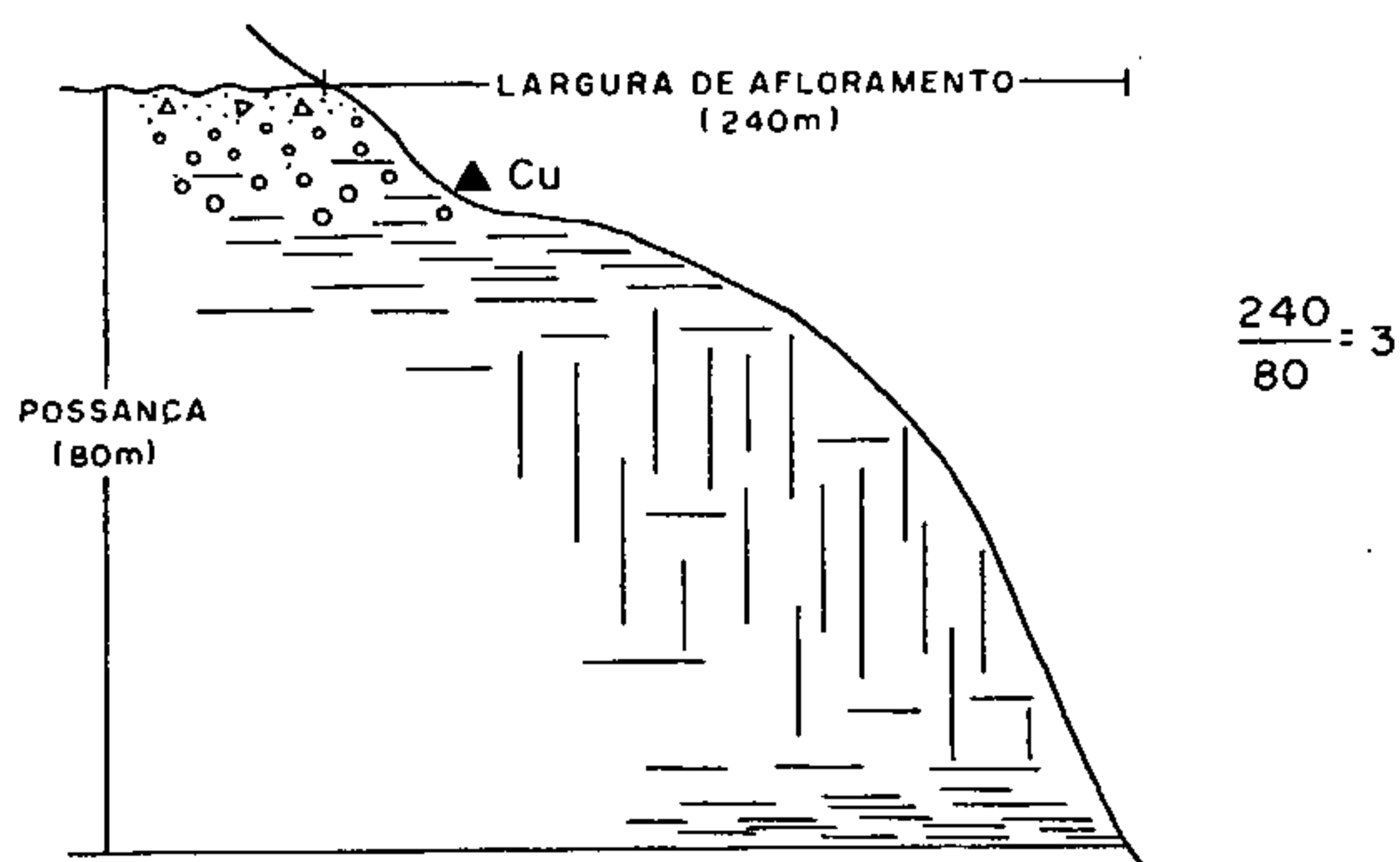


Fig. 3 - Derrame basáltico nº 4 (cuprífero).
Área de Flor da Serra.

A separação dos derrames basálticos através de fotografias aéreas, baseada na conformação morfológica de um derrame típico, mostrou-se muitas vezes incorreta, verificando-se durante a fase de campo a existência de pelo menos 6 tipos de derrames basálticos sob o ponto de vista estrutural, cada um com um perfil morfológico distinto. A seguir são apresentados alguns exemplos de derrames basálticos existentes na área de estudo e sua característica estrutural preponderante na configuração morfológica. Entre eles é o perfil morfológico típico de um derrame basáltico existem muitas variações.

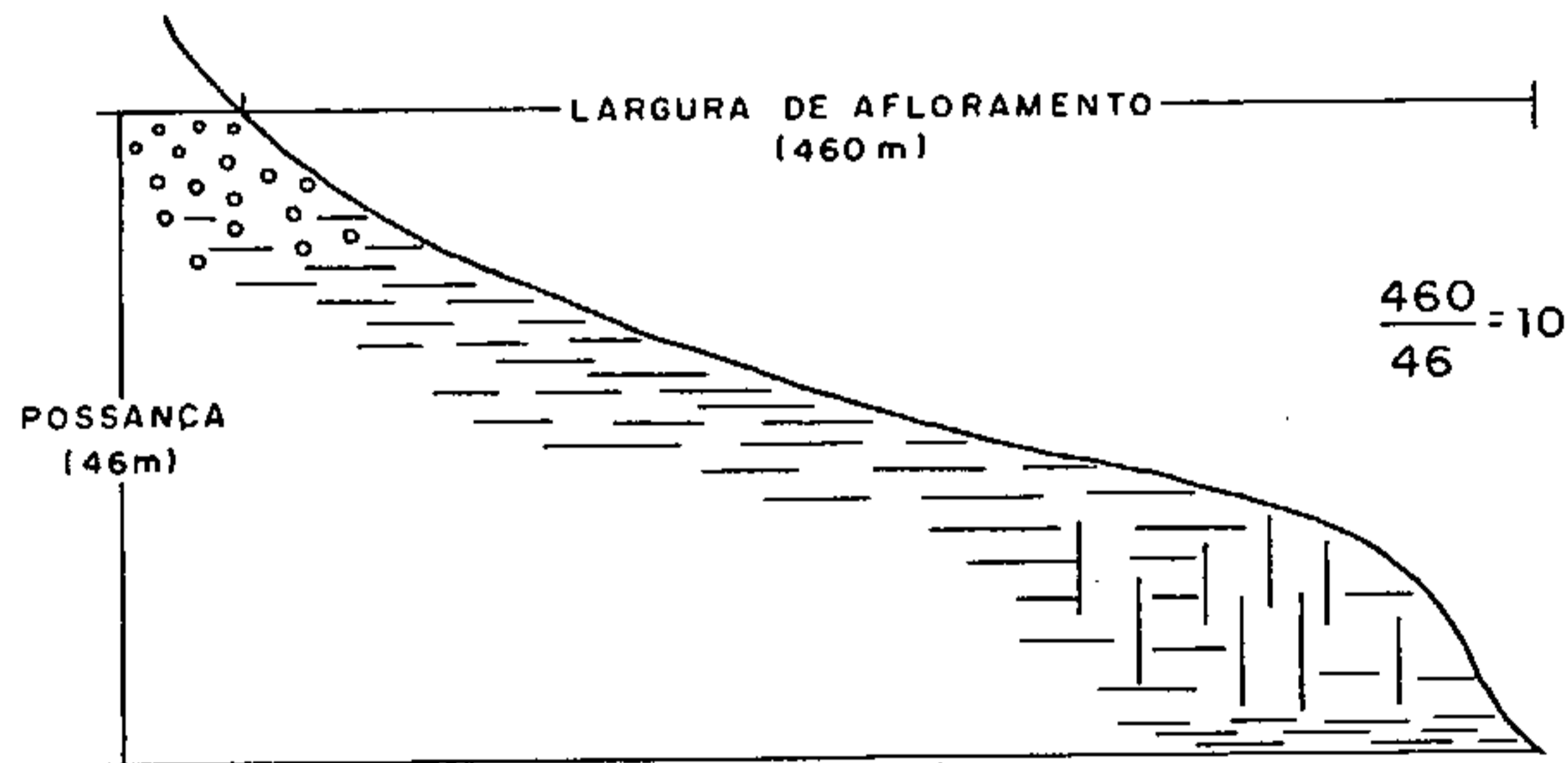


Fig. 4 - Derrame basáltico nº 4 (é um guia estratigráfico).
Área de São Judas Tadeu.

Na delimitação do perfil morfológico na figura anterior tem grande influência a ausência de um nível mais resistente acima do topo amigdalóide (arenito intertrápico), o pouco desenvolvimento de uma zona maciça próxima da base e principalmente a predominância da disjunção horizontal em quase toda a seção do derrame, facilitando o intemperismo químico e a ação erosiva no plano horizontal e ampliando a largura de afloramento.

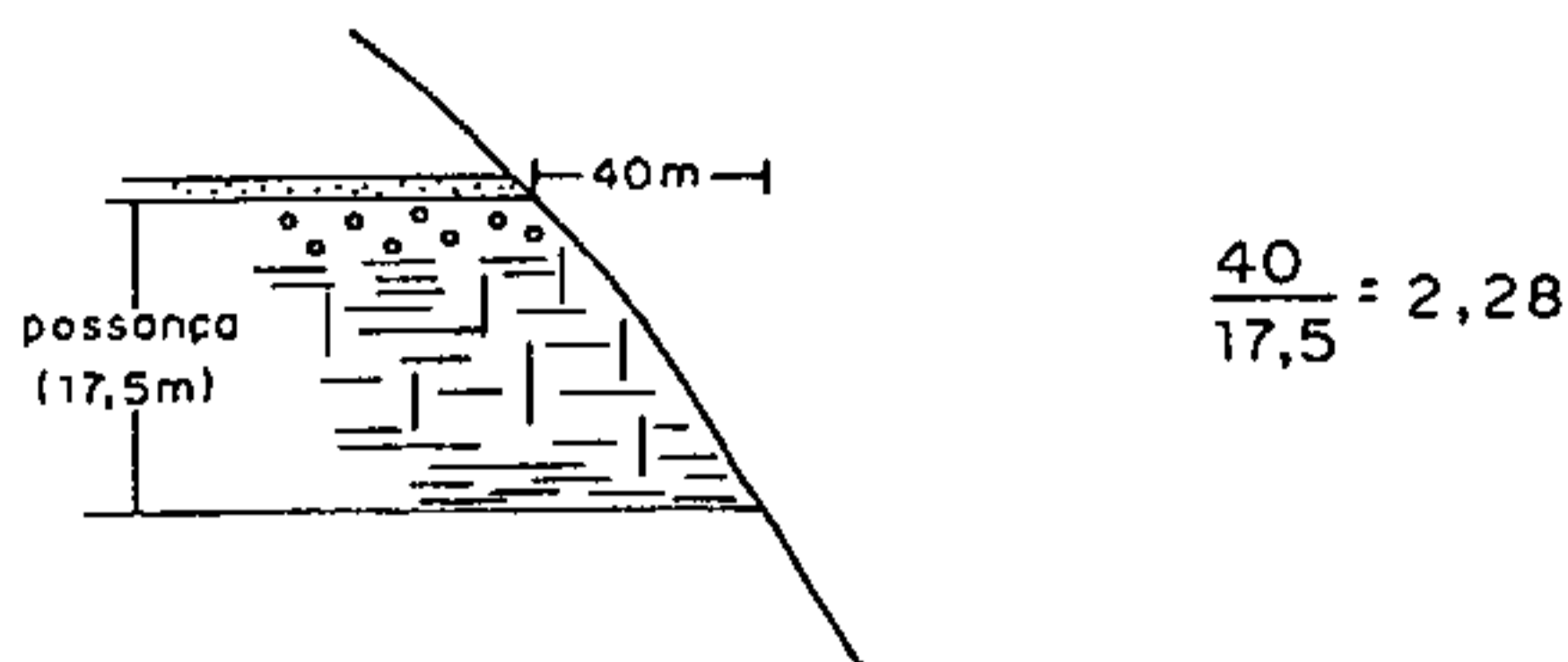


Fig. 5 - Derrame basáltico nº 6. Área de São Paulo.

Neste derrame, embora a predominância da disjunção horizontal (devido à pequena espessura) como no caso anterior, a presença de um nível delgado, mas muito resistente, de arenito silicificado no topo, gera um perfil morfológico abrupto, levemente convexo, (pequena largura de afloramento) sem distinção das zonas estruturais.

A seguir são mostrados dois exemplos semelhantes ao caso anterior, nos quais não há uma definição nítida das zonas estruturais, tanto nos derrames como nos seus perfis morfológicos.

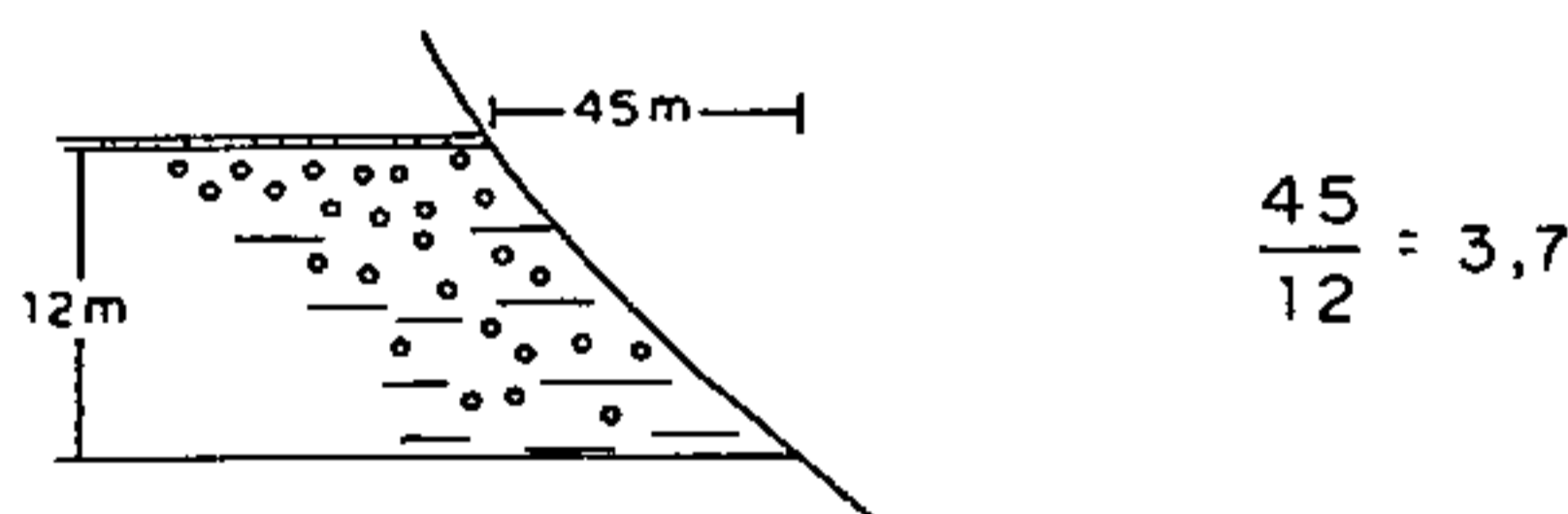


Fig. 6 - Derrame vesículo-amigdaloidal nº 3.
Área de Santa Fé, Itapiranga.

Este exemplo é de um derrame muito delgado e caracteristicamente vesículo-amigdaloidal em toda sua seção. Trata-se de um derrame individual porque tem acima do topo um filete de arenito (3 a 5 cm) e abaixo da base uma brecha vulcânica com fragmentos de arenito. Apresenta um perfil morfológico mais suave que o do exemplo da figura anterior e levemente côncavo.

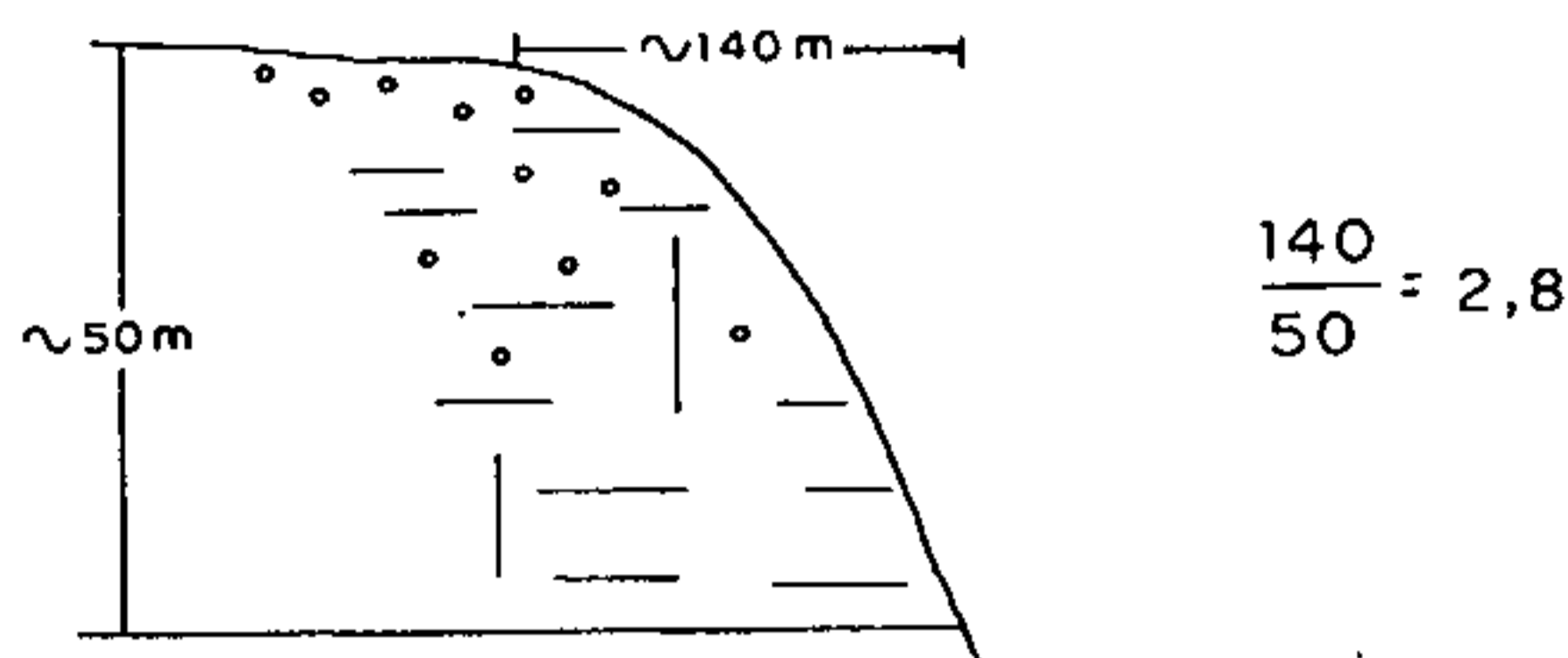


Fig. 7 - Derrame basáltico de granulação média e grosseira. BR-386, Km 429 (fotos 21 e 22).

No caso anterior acima tem-se um corpo tabular, sub-horizontal, de composição basáltica toleítica, sem nítidas evidências estruturais (zonas) de um derrame. Possui amígdalas com celadonita esparsas por todo o corpo e uma estratificação horizontal grosseira. Destaca-se na topografia como um todo, sem variações morfológicas específicas, em razão da granulação média e grosseira e da indefinição estrutural em zonas.

A falta de uma alternância estrutural mais notável nos exemplos dos três derrames anteriores, gerando perfis sem variações morfológicas acentuadas, ocasiona dificuldades na interpretação fotogeológica. Nestes casos, os derrames basálticos delgados são comumente interpretados apenas como zonas de derrames mais desenvolvidos.

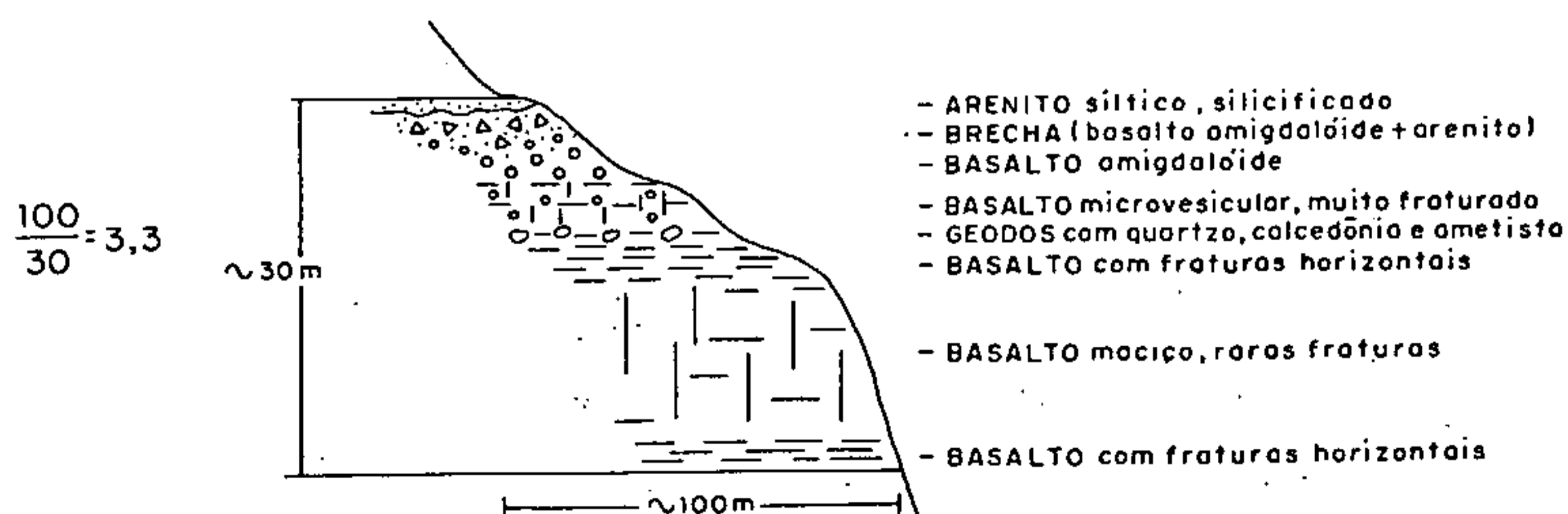


Fig. 8 - Derrame portador de ametista. BR-386, Km 420. (Foto 5).

O derrame portador da mineralização silicosa (fig. 8) é um exemplo notável de complexidade estrutural, bem diferente dos casos anteriores. Possui seis zonas estruturais nitidamente distintas (foto 5), correspondendo cada uma delas a uma variação morfológica. Tendo por base o perfil morfológico típico de um derrame basáltico (fig. 3), em uma interpretação fotogeológica o derrame da figura 8 poderá ser erroneamente separado em dois derrames individuais.

O assunto em pauta será retomado a seguir, no item 3.3.2 desse relatório, com enfoque de caráter geológico.

3.2 - CONTEXTO GEOLÓGICO

3.2.1 - Vulcanismo Mesozóico

O vulcanismo mesozóico da Bacia do Paraná está representado por um conjunto de corridas de lavas, pertencentes à Formação Serra Geral, que possuem em comum as características de serem derrames de platô (continentais), não orogênicos e não explosivos, embora algumas escassas ocorrências evidenciando uma fraca atividade explosiva sejam referidas na bibliografia. Notabilizam-se pela gigantesca distribuição geográfica, enormes espessuras e caráter espasmódico do vulcanismo, responsável pelo grande número de corridas de lavas derramadas em um espaço de tempo equivalente a um pouco mais do que duas dezenas de milhões de anos.

A idade absoluta das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral tem sido determinada em mais de uma centena de análises realizadas por diversos autores, através do método potássio-argônio. A seguir são apresentados os valores de idades de basaltos (e diabásios) de acordo com Amaral *et alii* (1966) e Melfi (1967).

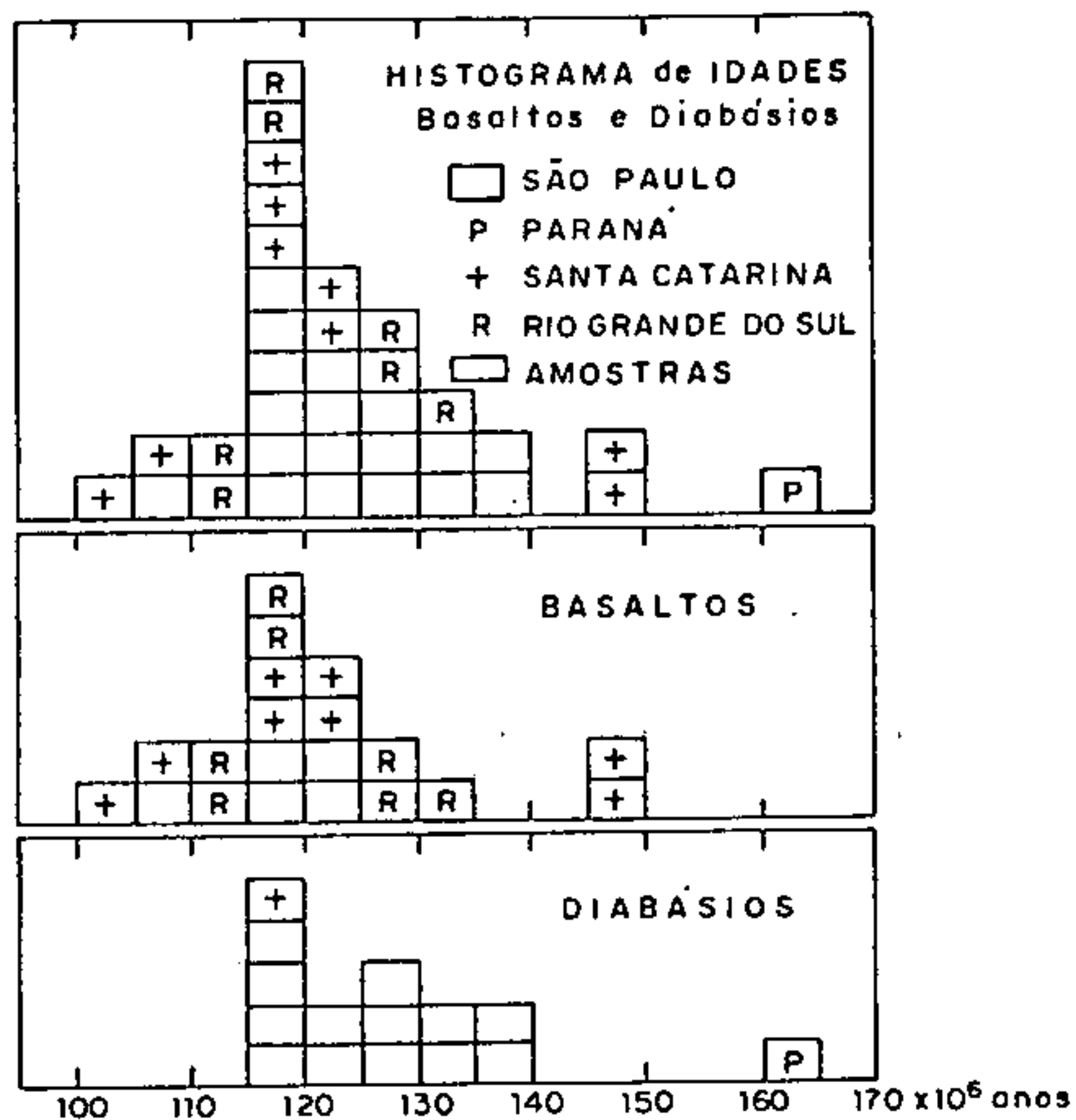


Fig. 9 - Histograma de idades de basaltos e diabásios, obtido de Amaral, Cordani, Kawashita e Reynolds, 1966.

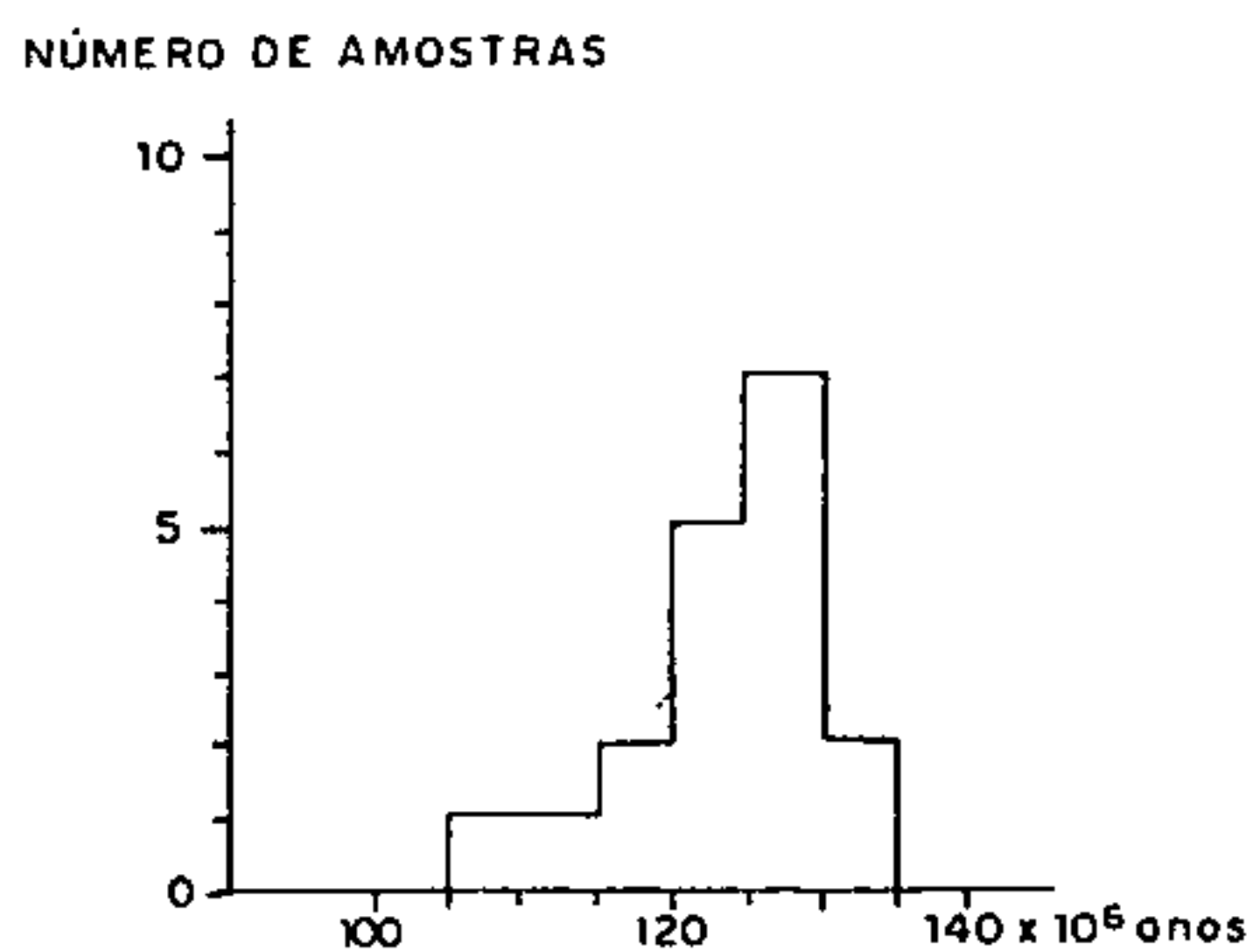


Fig. 10 - Histograma de idades de basaltos, obtido de Melfi, 1967.

Os histogramas das figuras 9 e 10 evidenciam um

intervalo de idade mais amplo para o magmatismo mesozóico entre 150 m.a. (há uma amostra de diabásio com 161,2 m.a.) e 100 m.a. (Jurássico Superior a Cretáceo Inferior). Para o vulcanismo basáltico, o maior número de valores de idade concentra-se no intervalo de 115 m.a. a 130 m.a., compreendido inteiramente no Cretáceo Inferior (*Wealden*).

3.2.2 - Estrutura Geológica

A área abrangida pelo projeto apresenta uma estrutura geológica baseada fundamentalmente na sucessão de derrames basálticos da Formação Serra Geral e relacionada ao vulcanismo mesozóico da Bacia do Paraná. Todos os derrames são de composição basáltica toleítica, com grande homogeneidade lateral ao longo de uma mesma corrida de lava, mas com notáveis diferenças texturais e estruturais entre si. O número de derrames basálticos, a extensão lateral das corridas e as possanças individuais são muito variáveis, merecendo uma análise mais apurada em itens específicos, a seguir neste relatório.

Quase todos os derrames basálticos estão separados entre si por finíssimos (em geral < 0,5 m) níveis de arenitos sílticos, descontínuos, avermelhados, provavelmente eólicos e fortemente endurecidos por silicificação (fotos 5, 7 e 8 e fotomicrografias 7 e 8). Junto à área do projeto, próximo da cidade de Iraí (BR-386, km 429, amostra ES-63), aparecem localmente níveis centimétricos de arenito fino, bandado, caracteristicamente de cor verde escura e intercalados em delgadas corridas de basalto preto, muito fino e rico em vidro. Esta ocorrência tem características texturais e relações de campo bem diferentes daquelas atribuídas aos arenitos intertrópicos, de origem eólica, referidos na bibliografia.

Os derrames basálticos estão também frequentemente separados por uma brecha de composição mista, na qual misturam-se irregularmente fragmentos de arenito avermelhado de grão fino e pedaços angulosos de basalto amigdalóide (fotos 14, 15 e 17). Situada invariavelmente entre dois derrames, a associação genética dessa brecha é nitidamente com o derrame inferior, na qual observa-se uma passagem gradual dessa mistura (basalto + arenito) para uma zona constituída unicamente de basalto amigdalóide (Szubert *et alii*, 1978). Às vezes, sobre o topo irregular da brecha mista, aparecem ainda finos níveis de arenito intertrápico, separando-a do derrame superior (fotos 17 e 18).

Ainda associado ao topo dos derrames, aparece bem menos frequentemente um material brechado, constituído unicamente de fragmentos de basaltos, principalmente de basaltos vesiculares e amigdalóides, mas contendo também pedaços de basaltos provenientes das porções mais inferiores do derrame (foto 16). Uma variação desse tipo de brecha basáltica aparece no km 362,5 da BR-386 com características semelhantes às estruturas "aa" dos derrames havaianos (fotos 19 e 20). Neste caso, a fase de fragmentação atinge quase toda a seção do derrame e parece corresponder a uma frente de lava.

Merecem destaque dois corpos tabulares de grande extensão lateral, composição básica e textura microfanerítica plutônica, um localizado na base da sucessão de derrames basálticos da área de São Judas Tadeu (anexo XIX) e o outro entre os derrames inferiores da seção geológica descrita entre Iraí e Frederico Westphalen (fig. 11). Tais corpos, denominados com reservas de *sheets básicos diferenciados*, apresentam ainda estratificação grosseira semelhante a dos gabros estratiformes e diferenciação ácida e pegmatítica nas porções mais superiores (fotos 21 e 22).

Os derrames basálticos, os níveis de arenitos in-

tercalares e até mesmo as brechas mostram um comportamento espacial nitidamente horizontalizado, alterado unicamente por pequenas acomodações locais devidas à paleotopografia. Mesmo junto às lineações tectônicas, evidenciadas nas imagens de radar e nas aerofotos, não se observam no campo basculamentos que alterem sensivelmente essa horizontalidade. Por essa razão principal interpretou-se a maioria dos alinhamentos tectônicos como faixas de maior concentração de fraturas, podendo apresentar rejeitos, mas apenas no plano horizontal.

Esta horizontalidade impede que se façam medidas no campo e mesmo com auxílio de aerofotos da inclinação regional (vergência) dos derrames basálticos. Para contornar esse impecilho, realizou-se nas áreas-alvo levantamentos topográficos, com auxílio de teodolito, com a determinação das cotas do topo e da base de alguns derrames-guia, verificando-se assim o comportamento espacial dessas corridas de lava. Com base nesses dados constatou-se que para pequenas distâncias (menos de 1 km), a horizontalidade é quase absoluta e que as variações observadas em extensões maiores se devem principalmente a adelgaçamentos e espessamentos de corridas individuais (tabela I), não refletindo o "mergulho" regional do conjunto de lavas.

3.2.3 - Alinhamentos Tectônicos

Da análise estrutural das áreas basálticas destaca-se a pobreza de indícios de movimentação tectônica, ressaltada pela notória horizontalidade dos derrames basálticos. A evidência mais concreta de possível tectonismo é manifestada por lineações estruturais visualizáveis em fotografias aéreas convencionais e em outros sensores remotos. Por essa razão poderiam ser chamadas de *airphoto linears* (Boyer & McQueen, 1964) ou, mais apropriadamente, de fraturas fotogeológicas (Setzer, 1966). Dentro da área do pro-

jeto, tais lineações foram classificadas em 4 grupos, com características gradacionais entre si:

- (1) falhas indiscriminadas, de grande extensão (mais de 15 km), mas com rejeitos imperceptíveis em escala regional;
- (2) lineações tectônicas, com extensão da ordem de poucos quilômetros, determinadas por faixas de maior concentração de fraturas e juntas;
- (3) alinhamentos de drenagem ou vales retilíneos, de origem tectônica duvidosa; e
- (4) alinhamentos de relevo ou de drenagem, não tectônicos, interpretados como traços de acamamento.

Os tipos (3) e (4) são analisados no item de Geomorfologia desse relatório.

Os alinhamentos (1) e (2) são certamente tectônicos e distinguem-se entre si principalmente pela maior extensão do 1º tipo. Os alinhamentos de drenagem podem ter origem tectônica também, faltando apenas evidências mais concretas de campo.

O cheque de campo em alguns alinhamentos tectônicos detectados nas fotografias aéreas (1:60.000) e nas imagens de radar (1:250.000) mostrou ainda:

- (1) fraturas bem destacadas, em planos subverticais, com direção aproximada ou idêntica a dos alinhamentos das aerofotos;
- (2) planos de fraturas com *slickensides* e ressaltos indicando movimentos horizontais de pequena amplitude;

- (3) pequenos diques basálticos encaixados nas referidas fraturas subverticais (foto 23); e
- (4) nenhuma evidência de movimento vertical; as estruturas plano-horizontais dos derrames basálticos e dos arenitos intercalares não são afetadas ao longo desses alinhamentos.

O registro dos alinhamentos tectônicos nos mapas geológicos em escala 1:50.000 (anexos VI a IX) revela o seguinte quadro estrutural:

- (1) lineações tectônicas com direções NE e SW sem um padrão regular e coeso para toda a área estudada;
- (2) uma associação, possivelmente circunstancial, entre lineações tectônicas e áreas mineralizadas com depósitos de cobre de intemperismo;
- (3) em alguns locais, derrames mais novos recobrem alinhamentos tectônicos evidenciados nos derrames inferiores; e
- (4) possibilidade de tectonismo mais acentuado nos derrames estratigraficamente mais inferiores, tendo em vista o referido no item anterior e a existência de falhamentos bem característicos em uma porção fora da área do projeto, próxima a Iraí, ao nível do rio Uruguai.

3.2.4 - Critérios de Correlação

A individualização dos derrames basálticos nos mapas geológicos da área do projeto só foi possível graças ao

estabelecimento de critérios de correlação entre os derrames. Estes critérios podem ser classificados em 4 grupos distintos. A correlação mais segura resulta da análise conjunta das 4 categorias de critérios.

(1) Critérios Fotogeológicos - Já foram abordados sucintamente no item 3.1.3 desse relatório. Referem-se à alternância estrutural peculiar a cada derrame, cujo reflexo em perfis morfológicos típicos permite acompanhar nas fotografias aéreas determinado derrame por grande extensão. Por exemplo, o derrame nº 4 da área-alvo de São Judas Tadeu (fig. 4) é um guia estratigráfico porque apresenta invariavelmente, ao contrário da maioria dos derrames, uma ampla faixa de afloramento aplainada sub-horizionalmente, encimando delgada zona de relevo inclinado.

(2) Critérios Físicos ou de Campo - Possuem a maior importância na correlação entre derrames, embora sua validade dependa sempre de uma análise conjunta. Os principais critérios físicos são os seguintes:

- possança individual dos derrames, especialmente nos casos de derrames muito espessos ou muito delgados (tabela I);
- cota topográfica ou altitude do topo (ou da base) dos derrames. Ex.: o topo do derrame portador dos jazimentos de ametista da região do Alto Uruguai situa-se sempre em torno da cota de 440 m (fig. 36);
- presença e principalmente a ausência de arenitos intertrâpicos. Ex.: o topo amigdalóide do referido derrame nº 4 da área-alvo de São Judas Tadeu ocorre sempre em contato direto com a base do derrame superior, sem nenhuma intercalação de arenito;

- níveis bem característicos de brechas vulcânicas mistas que podem ser acompanhados por mais de uma dezena de quilômetros em associação com determinados derrames;
- relação espacial constante entre algumas seqüências de rochas. Ex.: o derrame nº 4 das áreas de Flor da Serra, Macaco Branco e Dourado, com grande espessura (mais de 50 m) e um nível de brecha no topo é sempre precedido de um derrame relativamente delgado (menos de 20 m) e com um nível de arenito no topo; e
- características estruturais peculiares, tais como a chamada zona de "cascalho" dos derrames portadores de ametista (ver item 6.2.1), presença de amígdalas em toda a seção de derrames delgados, típicas feições colunares e outras.

(3) Critérios Petrográficos - São complementares à correlação fotogeológica e física. Os macroscópicos referem-se principalmente à cor e à granulação das rochas basálticas e podem ser considerados também critérios de campo. Como a maioria dos derrames compõem-se de basaltos de granulação muito fina e com cores escuras, os basaltos mais grossos e com cores claras são bons guias de correlação.

Microscopicamente, o critério petrográfico mais geral e de maior validade relaciona-se à textura da rocha, destacando-se:

- presença e tipo de microfenocristais;
- textura poiquilítica (minerais opacos);

- presença de glomeropórfiros; e
- intercrescimentos micrográficos.

No que tange à mineralogia dos basaltos, alguns critérios podem ser usados com valor auxiliar na correlação entre derrames, destacando-se:

- razão plagioclásio/clinopiroxênio, principalmente quando esta é maior que 1,5 (ver "Classificação com Bases Mineralógicas", item 3.3.4);
- ortopiroxênios, raramente presentes em basaltos da província vulcânica da Bacia do Paraná e constatados apenas em duas amostras (CK-2A e ES-13) da área estudada, sob a forma de hiperstênio;
- elevado conteúdo em vidro (texturas vitrofíricas); e
- minerais de amígdalas ou de preenchimento de vazios.

Este último aspecto pode ser valioso na correlação entre derrames. Dois exemplos da sua importância são fornecidos a seguir:

- presença quase absoluta de celadonita nas amígdalas dos basaltos de toda seção do derrame nº 1 e comprovada ao longo do trecho que se estende desde a cidade de Itapiranga até a localidade de Sede Capela; e

- níveis de geodos silicosos com cristais de quartzo incolor e de ametista ao longo de derrames bem definidos.

(4) Critérios Químicos - Da mesma forma que os critérios petrográficos, os critérios químicos são complementares à correlação física. Sua utilização foi muito restrita como elemento de correlação tendo em vista o pequeno número de amostras analisadas quimicamente (tabela II). Os componentes químicos maiores dos basaltos da área do projeto que se mostraram utilizáveis para esse fim são a sílica, a alumina, o ferro e os álcalis. Observou-se, por exemplo, que os basaltos amigdalóides com depósitos de cobre apresentaram valores relativamente altos de Fe_2O_3 e baixos de FeO . Observou-se também que os basaltos com razão plagioclásio/clinopiroxênio maior que 1,5 possuem teores mais elevados de Al_2O_3 .

Este amplo quadro de critérios de correlação estratigráfica entre derrames basálticos permite antever a possibilidade de subdivisão das seqüências de lavas basálticas de áreas restritas da Bacia do Paraná em unidades menores, a exemplo do que ocorre com o Grupo *Columbia River* na região centro oeste de Idaho (Columbia Plateau, USA) que foi dividido em 3 unidades distintas: inferior *Imnaha Basalt*, médio *Yakima Basalt* e superior *Yakima Basalt* (Holden e Hooper, 1976).

Tais subdivisões poderão adquirir maior validade à medida que os derrames basálticos da Bacia do Paraná tornarem-se mais importantes como repositórios de bens minerais de interesse econômico.

3,3 - DERRAMES BASÁLTICOS

3.3.1 - Características Físicas

Possanças

A tabela I da folha seguinte apresenta as possanças medidas dos derrames basálticos presentes nas dez áreas-alvo, destacando-se os seguintes resultados:

- as maiores possanças pertencem aos derrames nº 2 das áreas de Macaco Branco (80,6 m) e de Arroio Sociedade (80,4 m); são também grandes as possanças do derrame nº 4 das áreas de Flor da Serra (79,1 m), Macaco Branco (60,4 m) e Dourado (50,7), notando-se um adelgaçamento desse derrame no sentido NNE (anexo VII);
- os derrames mais delgados são os de nº 5 das áreas de São Paulo (14,4 m) e Linha União (15 m), nº 8 de São Paulo (16 m) e Linha União (16,5 m) e nº 3 de Flor da Serra (18,2 m), Macaco Branco (15,9 m), Dourado (19,5 m) e Arroio Sociedade (15,2 m); os derrames nº 9 (17 m) e nº 10 (15 m) de Vista Alegre são também delgados;
- de um modo geral, os derrames mais inferiores (nºs 2 e 4) são mais espessos que os derrames superiores;
- um mesmo derrame possui pequenas variações de possança entre áreas geograficamente próximas e pertencentes a um mesmo domínio geológico, como acontece com as áreas São Judas Tadeu, São Paulo e Linha União e com as áreas Flor da Serra, Ma-

Tabela I

Possanças Medidas de Derrames Basálticos nas Áreas-Alvo

ÁREA ALVO (Nº) DE RRAMÉ	VISTA ALEGRE	SÃO JUDAS TADEU	SÃO PAULO	LINHA UNIÃO	FLOR DA SERRA	MACACO BRANCO	DOURADO	BEATO ROQUE	LINHA MORAIS	ARROIO SOCIEDADE
10	15m	*	19,2m	19,5m*						
9	17m	33,7m	32m	44m				7,5m*		
8		27m	16m	16,5m				36,3m	*	
7		60m	48m	35,5m				22m	38,5m	
6		37m	32m	17,5m	25,9m			54m	62,5m	
5		22,2m	14,4m	15m	27,3m	*	10,5m*	18,6m	30m	
4		46,3m	33,6m*	38m	79,1m	60,4m	50,7m	17,4m	44,8m	3,2m*
3		34,5m*		37m*	18,2m	15,9m	19,5m			15,2m
2					31,5m*	80,6m	27,6m*			80,4m

* Incompleto

caco Branco e Dourado;

- observa-se também que um derrame espesso (nº 4) é precedido por um derrame delgado nas áreas de Flor da Serra, Macaco Branco e Dourado; o mesmo ocorre nas áreas de São Judas Tadeu, São Paulo e Linha União, onde um derrame delgado (nº 8) está intercalado entre derrames razoavelmente espessos (nºs 7 e 9); e
- os valores de possança, juntamente com outros critérios, podem ser usados na correlação estratigráfica entre derrames.

Os derrames mais delgados aparecem fora das áreas-alvo. Dois casos foram registrados: um representado pelo derrame nº 7, aparece no km 429 da BR-386, com uma possança estimada de 8 m (fig. 11); e o derrame nº 3 que ocorre entre Itapiranga e Santa Fé, no km 2 da SC-472, com uma possança medida de 12 m (fig. 6).

Número de Derrames

Nos mapeamentos geológicos das folhas (1:50.000) e das áreas-alvo (1:10.000) realizou-se caminhamento geológico em cerca de 100 seções localizadas nas áreas com maior variação topográfica com vistas à separação do maior número de corridas de lava. A seção geológica mais completa e representativa, contendo todos os derrames basálticos, está registrada em seções compostas e perfis geológico-topográficos nos mapas geológicos, respectivamente das folhas (anexo VI a IX) e das áreas-alvo (anexo XI a XX).

Todas as seções para determinação do número de derrames partem do rio Uruguai, o nível mais baixo de erosão da área. Com base no contexto geológico regional e em per-

furações de poços profundos de captação de água subterrânea realizados na região, estima-se que abaixo do nível desse rio ocorram, pelo menos, mais cinco derrames basálticos.

Dentro da área do projeto, a partir do nível do rio Uruguai, constatou-se em todos os quadrantes um número mais ou menos equivalente de derrames, conforme é mostrado a seguir:

- perfil rio Uruguai (foz do rio Guarita) - Vista Gaúcha: 9 derrames, totalizando 340 m de possança;
- perfil rio Uruguai (cidade de Itapiranga) - Cristo Rei: 10 derrames, com uma possança total de 380 m; e
- perfil rio Uruguai (Pinheirinho) - Vista Alegre: 11 derrames, totalizando 350 m.

O maior número registrado de derrames basálticos superpostos aparece numa porção parcialmente fora da área do projeto, no perfil que liga as cidades de Iraí a Frederico Westphalen, ao longo da BR-386. Neste perfil, mostrado na figura 11 a seguir, constatou-se 14 derrames basálticos e 1 *sheet* básico diferenciado, totalizando 365 m de possança.

Extensão

Alguns derrames basálticos considerados guias estratigráficos pelas suas características estruturais, petrográficas e morfológicas podem ser facilmente acompanhados no campo e/ou através de fotografias aéreas, permitindo a determinação de sua extensão. É o caso do derrame nº 9 da folha Frederico Westphalen que possui uma extensão longitudinal de 15 km e uma lateral média de 7 km, ambas comprovadas

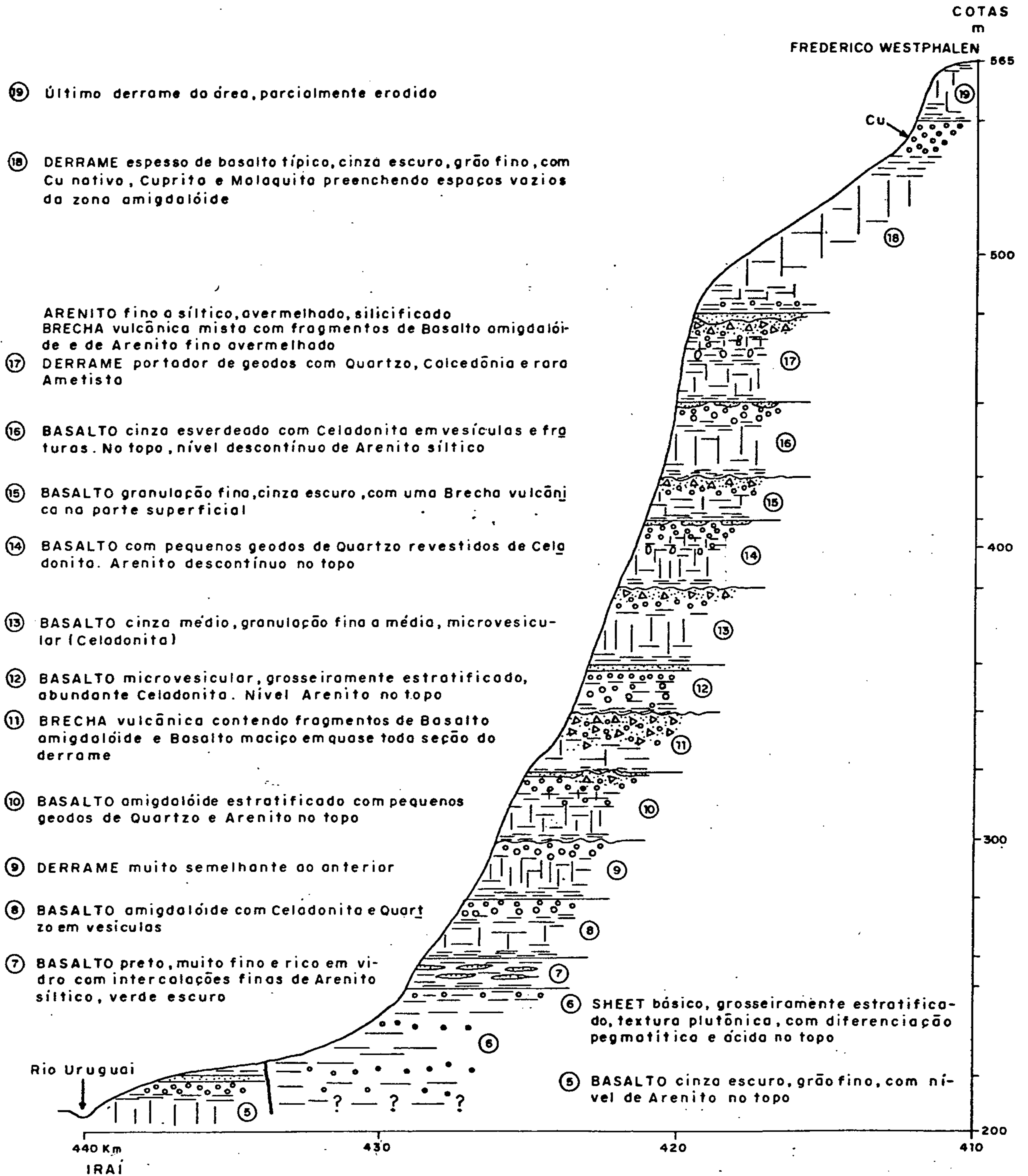


Fig. 11 - PERFIL GEOLÓGICO IRAÍ-FREDERICO WESTPHALEN (BR-386)

no campo entre as localidades de São Judas Tadeu e Taquarussu (anexo IX). O mesmo ocorre com o derrame nº 8 das folhas Itapiranga e Mondaí (anexo VI e VII), que foi acompanhado no campo, entre Santa Fé e Cristo Rei, numa extensão em linha reta superior a 15 km. Estes dois derrames deveriam ter extensões bem maiores do que estas comprovadas, uma vez que sendo derrames superiores topograficamente, estão inteiramente erodidos em grandes porções do terreno. Diferentemente, os derrames-guia inferiores estão em grande parte encobertos pelos derrames mais jovens, tornando praticamente impossível a verificação de sua extensão nas partes mais altas, não dissecadas pelo rio Uruguai e seus afluentes. Neste caso estão os derrames nº 4 da folha Frederico Westphalen (anexo IX), com uma extensão comprovada de cerca de 12 km (Linha União até São Paulo) e uma extensão provável de mais de 40 km, desde Vista Alegre até Itapiranga; e o nº 2 que aparece junto ao rio Uruguai, desde Itapiranga até um pouco acima da localidade de Sede Capela, por uma extensão de mais de 12 km.

Em grande parte fora da área do projeto e com características de derrame-guia pela sua posição espacial (entre as cotas 480 m para oeste e 440 m para leste) e pelos seus aspectos petro-estruturais, aparece o derrame portador dos depósitos de ametista de uma ampla região compreendida pelos municípios de Iraí, Frederico Westphalen, Planalto, Alpestre e Rodeio Bonito (Szubert *et alii*, 1978). Este derrame tem uma extensão comprovada de mais de 20 km, desde o km 429 da BR-386 até a localidade de São Gabriel, no município de Planalto. A sua extensão provável deve ser muito maior, de aproximadamente 40 km na direção E-W (entre Frederico Westphalen e Planalto) e 30 km na direção N-SW (entre Iraí e Rodeio Bonito), estimando-se uma área original de afloramento superior a 1.000 km². Com menor segurança poderia se dizer que esse derrame com ametista é o mesmo que aparece em Itapiranga (derrame nº 8, já citado neste item), com as mesmas características petro-estruturais, posição topográfica

(cota de 480 m) e também com depósitos de calcedônia, quartzo e rara ametista, totalizando uma extensão possível de aproximadamente 70 km.

Os valores antes citados são todos referentes a derrames com menos de 40 m de possança média. É de se esperar que derrames mais possantes, da ordem de 80 m, por exemplo, possam ter extensões superiores a 100 km. A área do projeto, entretanto, extremamente dissecada pelo rio Uruguai e seus afluentes, não se mostrou adequada para essas observações, mesmo com auxílio de aerofotos. Mesmo assim comprovou-se para o derrame cuprífero de Flor da Serra e Macaco Branco (nº 4), com uma possança média de 60 m, uma extensão de 30 km e estimou-se, através de fotografias aéreas, uma extensão longitudinal superior a 60 km.

Comparações com Outras Áreas

Não se tem conhecimento de mapeamentos geológicos de áreas de vulcanismo mesozóico no Brasil, com individualização de corridas de lavas e, conseqüentemente, com dados precisos de possança, número e extensão dos derrames. Apenas alguns trabalhos, restritos a perfis topográficos ou interpretações genéricas, referem-se ao comportamento espacial dos derrames basálticos da Bacia do Paraná. Segundo Leinz *et alii* (1966), as maiores espessuras, quase alcançando 1.800 m, são observadas em Presidente Epitácio (SP), onde um poço estratigráfico da PETROBRÁS indicou a existência de 32 corridas de lavas, com espessuras individuais ao redor de 50 m. Na borda meridional do planalto (RS), Leinz (1949) apresenta dois perfis, um de Santa Maria a Pinhal, com 8 derrames sucessivos, e outro de Três Forquilhas para Tainhas, mostrando 13 derrames superpostos, este último com espessuras variáveis entre 50 e 130 m, totalizando 1.000 m. Ambos os perfis englobam derrames basálticos e derrames riódacíticos, sendo provavelmente estes últimos responsáveis pelas gran-

des espessuras. Segundo Leinz (*op. cit.*), as espessuras menores, de 10 a 20 m, são comuns em regiões provavelmente periféricas às zonas de extravasamento magmático. Barbosa (1957) revela que no Triângulo Mineiro e nos estados de São Paulo e Paraná, nos locais onde foi possível medir, com segurança a espessura unitária dos derrames basálticos, nunca encontrou mais que 7-8 m, geralmente 5-6 m.

Já no Uruguai o nível de conhecimento do comportamento espacial das lavas basálticas é mais aprimorado, tendo em vista a execução de mapeamentos geológicos em escala 1:100.000 que permitiram uma regionalização interna da Formação Arapey (corresponde à Formação Serra Geral). Tais mapeamentos evidenciaram a existência de pelo menos 28 derrames superpostos e mais de 50 derrames individuais em áreas diferentes (Bossi *et alii*, 1974). Em notas de aula, Bossi (1975) revela que os derrames basálticos no Uruguai têm uma espessura média de 34 m com uma variação entre 3 e 65 m. Com referência à extensão, esse autor cita o exemplo do derrame nº 19 do Uruguai, que possui uma possança de 20 m e extensões de 110 km na direção N-S e 70 km na E-W, fornecendo um volume de 154 km³.

3.3.2 - Alternância Estrutural

Os derrames basálticos possuem vários elementos estruturais bem definidos que permitem determinar o número de corridas de lavas ou identificar as suas zonas componentes. A alternância estrutural tem sido analisada por vários autores, especialmente por Leinz (1949), Guidicini e Campos (1968) e Guidicini (1970). O reflexo morfológico da variação estrutural dos derrames basálticos já foi abordado no item 3.1.3 desse relatório. A seguir será feita uma descrição dos principais elementos estruturais observados em derrames basálticos da área do projeto.

Zona Vesículo-Amigdaloidal

A zona vesículo-amigdaloidal está invariavelmente presente no topo dos derrames basálticos (fotos 2, 3, 5, 6, 8, 11 e 13), embora a presença de vesículas, parcial ou totalmente preenchidas por minerais secundários (amígdalas), seja constatada em todas as zonas estruturais de uma corrida de lava. Em algumas ocasiões verificou-se o desenvolvimento generalizado de vesículas em toda seção de derrames delgados (fig. 6). Este fato é referido por Guidicini e Campos (1968) para derrames com espessuras de 6 a 8 m. Entretanto, o mais comum, especialmente nos derrames de grande espessura, é a existência de uma zona bem definida, no topo, passando gradativamente para uma zona de fraturamento horizontal, na qual persistem frequentemente as vesículas, em número bem menor, mas com maiores tamanhos (fotos 11 e 12). Na zona intermediária, as vesículas são muito escassas, geralmente detectadas apenas em microscopia. Já na base dos derrames não encontrou-se em nenhum local uma concentração de vesículas ou amígdalas (foto 8) capaz de formar uma zona bem definida e com ampla distribuição horizontal. Observou-se apenas concentrações locais de vesículas, às vezes formando faixas irregulares de no máximo 50 cm de espessura, bem junto ao contato basal de alguns derrames, mais parecendo uma assimilação pelo derrame superior da zona vesículo-amigdaloidal do derrame inferior.

Leinz (1949) e Guidicini e Campos (1968) distinguem na zona vesículo-amigdaloidal três faixas superpostas, conforme a forma de ocorrência das vesículas e amígdalas. Na base da zona amigdalóide, uma faixa de vesículas esféricas, representando uma fase estacionária do derrame, já parcialmente consolidado; um pouco acima, uma faixa de vesículas "ascendentes", alongadas no plano vertical, indicativas da tendência dos gases em escaparem na superfície; e, na parte mais superficial, vesículas elipsoidais deitadas, representando verdadeiras texturas fluidais. Na prática esta classi

ficação é, pelo menos, muito esquemática, não se verificando na maioria dos casos. As vesículas esféricas, por exemplo, ocorrem de modo geral em toda seção dos derrames. As vesículas "ascendentes", muito raras, aparecem normalmente na base da zona amigdalóide e não em uma faixa intermediária. O melhor exemplo deste tipo está representado nos geodos portadores de ametista (foto 26), que aparecem na base na zona amigdalóide e imediatamente acima da zona de diaclasamento horizontal (foto 25). Por sua vez, as vesículas elipsoidais deitadas, indicativas da direção do fluxo, aparecem na faixa basal da zona amigdalóide (não superficial) ou já fazem parte do topo da zona de fraturamento horizontal.

O zoneamento mais comumente verificado na zona vesículo-amigdaloidal dos derrames da área do projeto e mais compatível com as estruturas dessas lavas, possui duas porções bem distintas. Uma superficial, com vesículas normalmente esféricas e muito numerosas, sem estruturas fluidais horizontais e adquirindo frequentemente um aspecto compacto quando predominantemente amigdalóide (fotos 3 e 11). Na porção basal começam aparecer as estruturas horizontais de fluxo que conferem ao conjunto um aspecto grosseiramente estratificado (fotos 9 e 10), com as vesículas apresentando formas irregulares mais desenvolvidas no plano horizontal.

Estruturas Horizontais de Fluxo

Os derrames basálticos apresentam normalmente duas zonas com estruturas de diaclasamento horizontal, uma logo abaixo da zona amigdalóide e outra na base dos derrames (fotos 2, 3, 7 e 8), separadas entre si por uma zona intermediária compacta com fraturamento predominantemente vertical.

Tais estruturas são mais notáveis e finamente estratificadas na zona basal (fotos 7 e 8) dos derrames, especialmente em basaltos de granulação fina. Nos basaltos de granulação média e grosseira, as estruturas horizontais são

pouco perceptíveis na porção basal e quase inexistentes na porção superior. Neste caso, a identificação dessas zonas é feita pela presença notável de alteração esferoidal (especialmente em basaltos alterados), resultante da desintegração da rocha ao longo de dois ou mais planos de juntas (foto 13).

Guidicini e Campos (1968) fazem referência a duas juntas contínuas e bem definidas de andamento horizontal ou sub-horizontal que separam as zonas de estruturas horizontais da parte mais central e compacta do derrame. Estas duas juntas horizontais, constatadas em alguns derrames da área do projeto, destacam-se das demais por apresentarem grande continuidade lateral e pela posição espacial, uma na base da zona de diaclasamento horizontal superior (foto 1) e a outra entre a porção intermediária compacta e as estruturas horizontais da base do derrame (foto 2). No derrame portador dos depósitos de ametista também ocorre frequentemente uma junta horizontal, neste caso separando a zona amigdalóide de uma zona inferior, microvesicular e muito fraturada (fotos 5 e 6).

As estruturas horizontais de diaclasamento são atribuídas a uma diminuição da velocidade de fluxo das lavas em consequência do processo de resfriamento mais rápido a que estão sujeitas as porções periféricas dos derrames. Este processo de resfriamento provocaria por contração o aparecimento das fraturas no plano horizontal. Por este modelo seria difícil explicar a existência de fraturas verticais na zona intermediária. Além disso, a zona de diaclasamento superior deveria se localizar no topo dos derrames, onde o resfriamento é mais rápido, e não abaixo da zona amigdalóide, como acontece normalmente. Por essas razões, parece mais razoável considerar as zonas de diaclasamento horizontal como formadas por estruturas de fluxo (fotos 9 e 10), ocasionadas pela existência de faixas com velocidades diferentes de escoamento no corpo do derrame. Deste modo, as estruturas horizontais de fluxo dividiriam o derrame em duas por-

ções individuais de escoamento, uma representada essencialmente pela zona vesículo-amigdaloidal e outra pela zona intermediária compacta (foto 5).

Zona Intermediária

O resfriamento mais lento da porção central dos derrames basálticos origina basaltos comumente microcristalinos, com texturas porfiríticas determinadas por microfeno-cristais de plagioclásios e clinopiroxênios e o aparecimento de minerais opacos poiquilíticos (fotomicrografias 1 e 2).

Estruturalmente, a zona intermediária apresenta um fraturamento mais espaçado, predominantemente vertical e com aspecto colunar (foto 1), que pode coexistir ou ser substituído por uma zona compacta, especialmente nos basaltos de granulação mais grosseira (foto 2).

Nos derrames espessos de basaltos típicos, o diaclasamento vertical, tipicamente colunar, também chamado de fraturamento prismático, é a principal característica estrutural da zona intermediária. Resulta da atuação conjugada de processos de resfriamento e *cracking*, com o desenvolvimento crescente de um esforço termal contínuo e irreversível, de acordo com Ryan & Sammis (1978). Segundo esses autores, os planos de fraturas das juntas colunares são perpendiculares às superfícies isotermais, sendo essas, por sua vez, paralelas às superfícies periféricas da base e topo dos derrames.

A zona intermediária de diaclasamento vertical ou compacta está normalmente ausente em derrames com possança inferior a 15 m. Neste caso, especialmente em basaltos de granulação fina, a zona de diaclasamento horizontal superior se confunde com as estruturas horizontais da base.

A presença de vesículas e amígdalas na zona intermediária é muito esporádica, formando, às vezes, concentrações locais. Microscopicamente, elas são mais frequentes, ocupando o espaço intersticial da matriz de muitos basaltos.

Ausência de uma Zona Vítrea Basal

A base dos derrames basálticos está sempre representada por uma zona finamente fraturada no plano horizontal (fotos 7 e 8), com escassas vesículas e amígdalas irregularmente distribuídas bem junto à linha de base. Em nenhum derrame verificou-se a presença de uma zona vítrea basal, contrariando o perfil clássico de Leinz (1949) para as lavas basálticas. Constatou-se apenas, em análises de lâmina delgada, elevado teor de vidro parcialmente desvitrificado, preenchendo os espaços intersticiais de basaltos da zona basal, o mesmo ocorrendo com hialobasaltos amigdalóides da porção superficial.

De acordo com Leinz (*op. cit.*), os basaltos apresentam, de baixo para cima, uma zona de basalto vítreo, brilho de piche, preto, que passa gradativamente para um basalto microcristalino, rico em diáclases horizontais. Sartori e Maciel (1976) chegam à conclusão que a zona de basalto vítreo, no perfil basáltico definido por Leinz (*op. cit.*) "constitui, na realidade, um derrame ácido, de reduzida espessura, submetido a condições de rápido resfriamento". Estes mesmos autores sugerem a eliminação da zona vítrea na caracterização do perfil de um derrame de lava da Formação Serra Geral, com a qual concorda-se no que diz respeito aos derrames basálticos.

Unidades de Fluxo

Os derrames basálticos portadores dos depósitos de ametista da região do Alto Uruguai possuem, logo abaixo da zona vesículo-amigdaloidal, uma zona bem definida de basalto preto, microvesicular, intensamente fraturado e com elevado conteúdo em vidro, que os garimpeiros denominam de "cascalho" (Szubert *et alii*, 1978) (fotos 5 e 6). Esta zona destaca-se no corpo do derrame por apresentar características de uma corrida de lava individual, com ampla e contínua extensão lateral. Trata-se na verdade de uma apêndice do derrame principal, comportando-se como uma unidade de fluxo independente. Guidicini (1970) denomina feições semelhantes de "derrames secundários", os quais perderiam lateralmente o seu caráter unitário, integrando-se no derrame principal.

Walker (1972) propõe o termo "derrame composto" (*compound lava*) para as corridas de lava divisíveis em unidades de fluxo, como é o caso dos complexos derrames portadores dos depósitos de ametista (fig. 8). Da mesma forma, os derrames com possança superior a 20 m podem ser considerados "derrames compostos", uma vez que as estruturas horizontais de diaclasamento da base da zona vesículo-amigdaloidal e da base do derrame dividem o corpo da lava em duas porções individuais de escoamento ou duas unidades de fluxo. Além das estruturas horizontais de diaclasamento, também a presença de bandas ou faixas de vesículas no interior do corpo de derrames basálticos, alinhadas horizontalmente, indicam mais de uma unidade de fluxo. Este fenômeno se verifica ocasionalmente em alguns derrames de basaltos de grão médio e grosseiro e especialmente nos *sheets* básicos diferenciados (item 3.6 desse relatório). Nestes últimos a separação das unidades de fluxo é acompanhada por uma estratificação grosseira e provavelmente por uma diferenciação ácida no sentido do topo (fotos 21 e 22).

3.3.3 - Estruturas Intrusivas e Discordantes

As estruturas primárias, em geral concordantes, ligadas ao *emplacement* dos derrames basálticos, foram descritas detalhadamente no item anterior. A seguir serão analisadas algumas estruturas secundárias, de características intrusivas e discordantes, que aparecem na área de estudo associadas aos corpos basálticos, algumas pela primeira vez registradas na bibliografia referente aos basaltos da Bacia do Paraná, como são os diques de brechas, veios pegmatíticos e fumarolas.

"Diques Basálticos"

Em derrames basálticos de grande espessura (mais de 40 m) constatou-se alguns pequenos diques de composição basáltica cortando suas estruturas, sem atingir o derrame superior. São comumente constituídos de basaltos afaníticos, escuros, microvesiculares (foto 23) e com elevado conteúdo em vidro. Possuem pequenas possanças (20 a 60 m) e raízes normalmente vinculadas à zona intermediária, onde encaixam-se em fraturas verticais, desenvolvendo-se, às vezes, até a zona vesículo-amigdaloidal, sem atingir o derrame sobrejacente.

"Diques Areníticos"

São bastante conhecidos dos geólogos os diques (e *sills*) de arenito que cortam a zona vesículo-amigdaloidal de topo (foto 24) e, às vezes, "descem" até atingir as fraturas verticais da zona intermediária. Em nenhuma ocasião constatou-se a presença desses diques na base de derrames. Possuem diminutas possanças (2 a 3 cm, raramente até 10 cm) e sua origem está vinculada aos arenitos sílticos, avermelhados, de origem eólica que intercalam-se entre os derrames.

Tais diques seriam formados pela injeção de areia em fraturas abertas do derrame inferior mediante pressão e ação térmica do derrame superior ou simplesmente pela ação da gravidade.

Dique de Brecha

Fora da área do projeto, no km 17 da estrada estadual (RS-70) que liga Sarandi a Palmeira das Missões, aparece um notável dique de brecha (*pipe?*), junto à pedreira da SULTEPA. Tem mais de 20 m de possança e corta integralmente a zona intermediária com fraturamento vertical (mais de 30 m de espessura) de um possante derrame basáltico. A parte inferior do dique está encoberta e a parte superior e rodida, junto à zona de diaclasamento horizontal superior. Está constituído por fragmentos angulares de basaltos predominantemente vesiculares, arranjados irregularmente e sem nenhum cimento visível. Os fragmentos possuem tamanhos que variam desde milímetros até mais de metros. O dique de brecha ou *pipe* não produz metamorfismo térmico na encaixante basáltica.

Após o abandono das teorias de explosão para a origem dos *pipes* e tendo em vista as dificuldades das teorias de fluidização para explicar algumas feições dessas estruturas, Biondi (1978) propõe um modelo de implosão-fluidização baseado nas energias internas do sistema. Tal modelo considera a possibilidade de uma implosão freática causada pelo aquecimento da água de sedimentos atravessados por uma lava ascendente. A fluidização exercida pelo vapor liberado proporcionará o surgimento de diques de brechas e *pipes* com características normais, sem que seja necessária a participação de gases magmáticos (Biondi, *op. cit.*)

Veios Pegmatíticos

Os veios ou diques pegmatíticos ocorrem frequentemente cortando a seção dos *sheets* básicos diferenciados (fig. 11), na maioria das vezes alinhados em fraturas verticais ou subverticais da porção intermediária desses corpos tabulares (fotos 21 e 22). São identificados comumente em lâmina delgada pela presença da textura glomeroporfírica (fotomicrografias 5 e 6), com glomeropórfiros de plagioclásios e de clinopiroxênios em matriz fina constituída essencialmente de intercrescimentos micrográficos de quartzo e feldspato alcalino (fotomicrografia 4). No campo, ocorrem como finos veios ou diques (2 a 5 cm de possança, raramente até 20 cm) preenchidos por minerais de quartzo, celadonita e carbonatos, em associação muito íntima (localmente com contatos gradacionais) com a rocha basáltica hospedeira (foto 22).

As formas lenticulares ou estratiformes (*schlieren*), consideradas como os mais frequentes e comuns modos de ocorrência de pegmatitos em intrusões básicas (Walker, 1953), não foram constatados nos *sheets* básicos da área do projeto. Maiores detalhes a respeito do assunto no item 3.6 desse relatório.

Fumarolas

Raras estruturas semelhantes a pretéritas fumarolas foram identificadas no topo de derrames basálticos, associadas às brechas vulcânicas. Correspondem aos chamados espiráculos (*spiracles*) ou respiradouros de Macdonald (1967) e são uma espécie de abertura fumarólica formada pela erupção explosiva da lava ainda fluída por gases gerados no seu interior.

Estas estruturas, hoje representadas por basaltos amigdalóides, provocaram na base do derrame superior forte

deformação física, gerando pequenas estruturas dômicas (2 a 3 metros de altura), como pode ser visto na figura a seguir. Esta deformação física e as evidências de fraco metamorfismo térmico de pequena profundidade (até 10 cm) nas paredes da encaixante, sugerem a existência de fumarolas, ligadas ao último estágio da atividade vulcânica, com características de fraca explosividade.

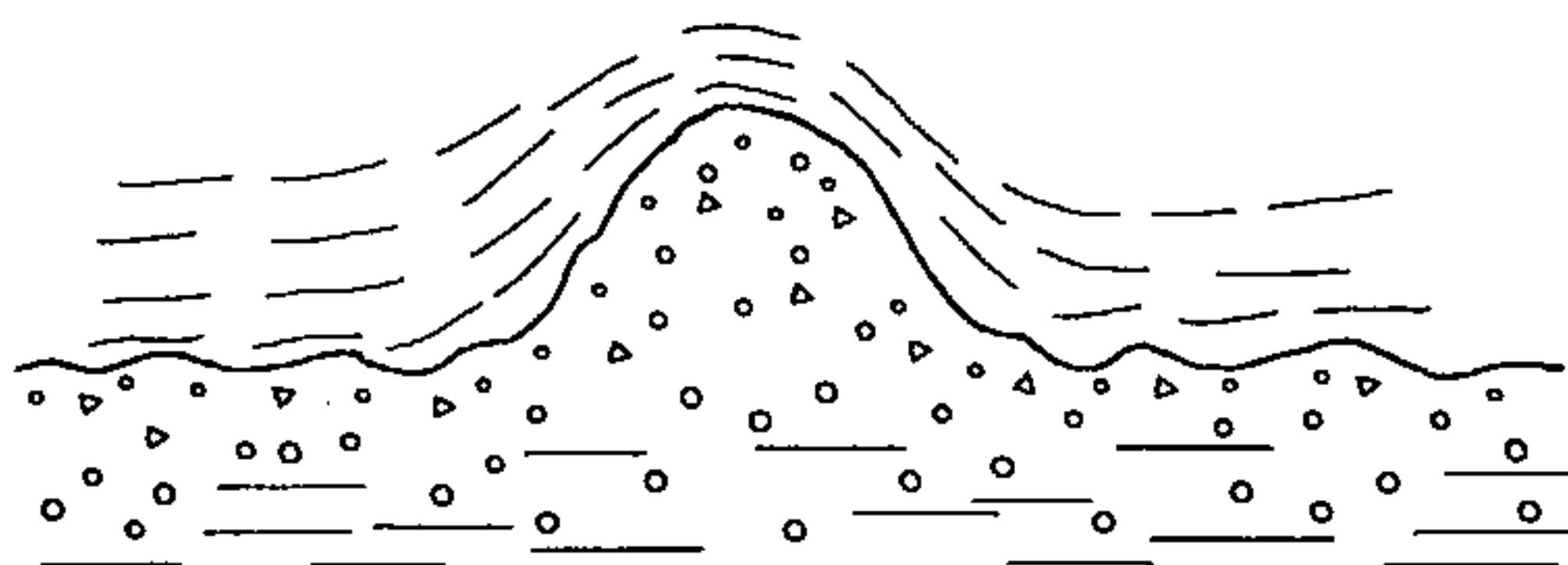


Fig. 12 - Paleofumarola ou espiráculo no topo do derrame nº 6, provocando deformação física e térmica na base do derrame nº 7. Km 27, SC-472, Santa Fé, Itapiranga.

3.3.4 - Petrografia. Um Resumo

Macroscopia

As cores das rochas basálticas variam desde cinza-claro até cinza-escuro a preto (foto 1), sendo muito frequentes as tonalidades esverdeadas e acastanhadas (anexo II). As cores escuras e pretas são mais comuns e devem-se a três fatores: granulação muito fina, conteúdo relativamente elevado de vidro e alta percentagem de minerais opacos. As cores claras são mais raras e ocorrem exclusivamente nos basaltos de texturas faneríticas intergranulares e porfiríticas, especialmente naqueles de granulação média a grosseira (fotos 21 e 22). Nestes basaltos, as cores claras são devidas ao maior desenvolvimento de cristais de plagioclásio e

de augita, embora a presença de minerais máficos circundantes pontilhem a rocha de cinza-escuro (amostras CK-3, ES-45, ES-64).

As cores cinza-esverdeadas aparecem nos basaltos de granulação fina a média, tipicamente vesiculares e microvesiculares, com vesículas preenchidas por minerais verdes como cloritas e celadonita. Tais basaltos são muito frequentes em derrames da área do projeto e foram classificados pelos petrógrafos do LAMIN como diabásios amigdaloidais, pela textura amigdalóide e granulação média (amostras ES-1 e ES-7 do derrame nº 1 da folha Itapiranga).

As cores cinza-acastanhadas até castanho-avermelhadas são características dos basaltos da zona vesículo-amigdalóide da quase totalidade dos derrames, sendo atribuídas à forte impregnação de óxidos de ferro na matriz dessas rochas (fotos 11 e 13).

Outros aspectos macroscópicos comuns à maioria das rochas basálticas são a textura afanítica, a estrutura maciça e a ausência total de orientação preferencial. As texturas intergranulares macroscópicas, raramente porfiríticas, são menos comuns por serem perceptíveis unicamente nos basaltos de granulação fina e média. Nos basaltos vesiculares ou amigdalóides, a estrutura é obviamente vesicular ou amigdalóide.

Texturas

Os basaltos apresentam uma grande variedade de texturas microscópicas, desde os tipos holocristalinos aos tipos vítreos (anexo II). Com mais frequência aparece a textura intergranular, embora com grãos muito finos, tipicamente microcristalina. As texturas holocristalinas sem nenhum conteúdo em vidro são raras, da mesma forma que as cripto-

cristalinas. Menos raros são os basaltos hipocristalinos com textura intersetal (amostra ES-21), na qual o vidro subordinadamente ocupa espaços intersticiais entre fenocristais de plagioclásio e clinopiroxênios, ou com textura vitrofírica (CK-2A e CK-6A), na qual a matriz vítrea é dominante com fenocristais de plagioclásios (An₅₅₋₅₇) subordinados.

A maioria dos basaltos, entretanto, são porfiríticos (fotomicrografias 1 e 2), alguns glomeroporfiríticos (fotomicrografias 5 e 6), predominando uma textura granular hipidiomórfica com tendência a subofítica (fotomicrografia 3). Nestas rochas, os plagioclásios e clinopiroxênios ocorrem em duas gerações, a primeira intratelúrica como fenocristais e a segunda na matriz. Os fenocristais podem ser designados mais corretamente de microfenocristais, uma vez que são perceptíveis, com raras exceções, apenas com auxílio do microscópio. Os microfenocristais de plagioclásio são geralmente maiores e mais abundantes que os de clinopiroxênios. Os minerais opacos constituem muitas vezes microfenocristais (fotomicrografia 3) e podem ser poiquilíticas. O maior ou menor desenvolvimento da textura poiquilítica parece independe do tamanho dos cristais, pois em alguns casos cristais grandes não são poiquilíticos. Diversamente, basaltos provenientes da parte central dos derrames, onde os minerais são maiores, apresentam opacos poiquilíticos, ao passo que basaltos das porções periféricas do mesmo derrame não contêm minerais opacos poiquilíticos.

Outras texturas frequentes em basaltos da área de estudo são a subofítica (ES-15), caracterizada pelas relações de inclusão entre plagioclásios e augita, e a micrográfica (fotomicrografia 4), com intercrescimentos de quartzo e feldspatos alcalinos quase sempre presentes na matriz dessas rochas.

Mineralogia

A mineralogia das rochas basálticas da Bacia do Paraná tem sido objeto de estudo em vários trabalhos, destacando-se os de Leinz (1949), Schneider (1964) e Rüegg (1969). A análise petrográfica de basaltos da área do projeto não trouxe novas informações ao conhecimento mineralógico registrado nestes trabalhos, a não ser a constatação de ortopiroxênios, conforme descrição a seguir.

Os plagioclásios e os clinopiroxênios são quantitativamente os minerais mais importantes das rochas basálticas. Perfazem juntos na maioria das amostras mais de 80% do volume total da rocha, algumas vezes, mais de 90% e, raramente, menos de 70%. Como minerais acessórios aparecem destacadamente os minerais opacos, em geral em quantidades relativamente altas (5 a 10%), atingindo percentagens anômalas de até 25% (amostra ES-56).

Os plagioclásios constituem o componente mais abundante das rochas basálticas. Mais de 50 amostras de basaltos registraram para os plagioclásios uma variação dos teores de anortita desde An₅₀ até An₆₆, todas no intervalo das labradoritas, conforme pode ser visto no histograma da figura abaixo. Da mesma forma, Rüegg (1975) conclui que as vá-

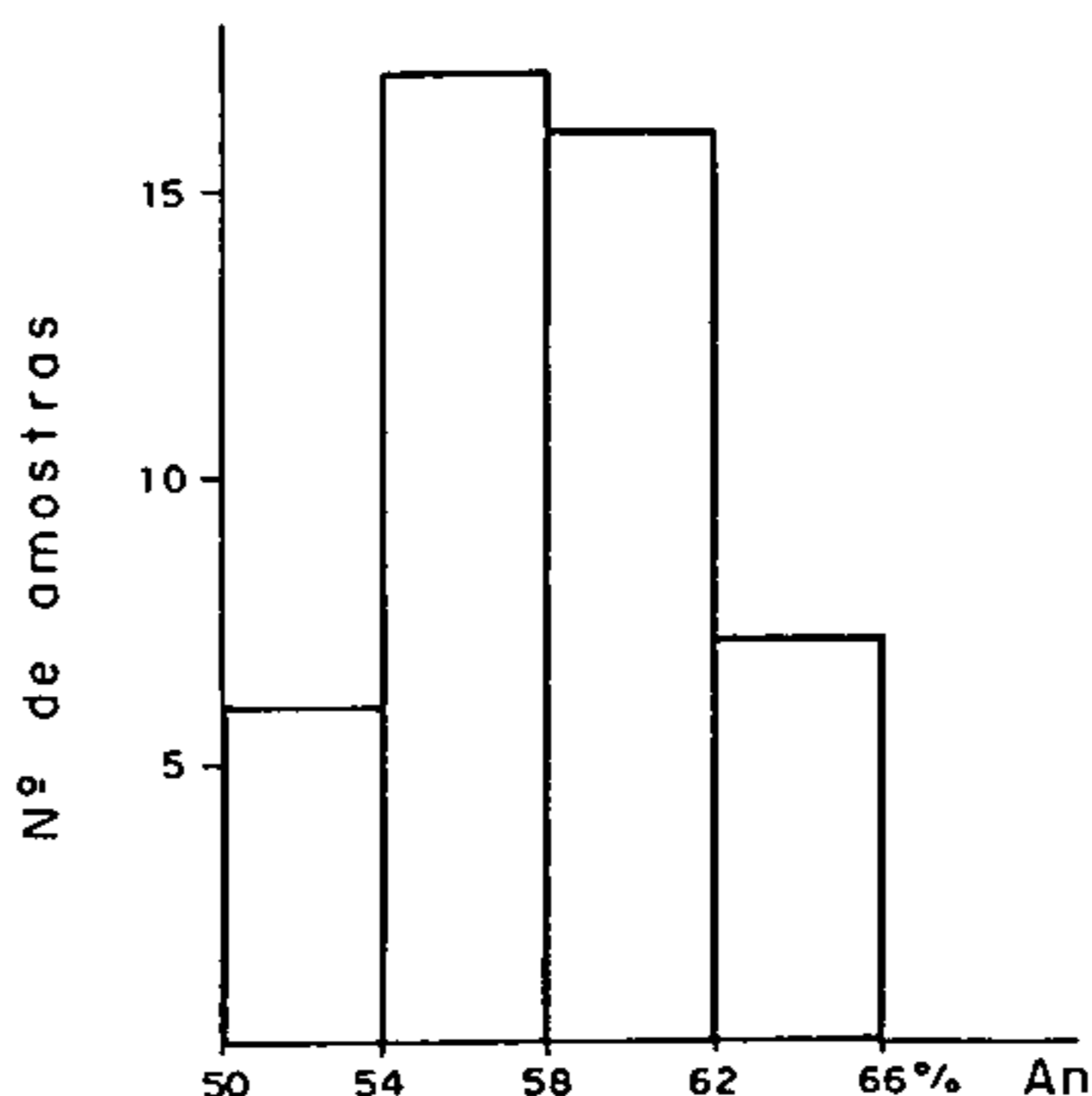


Fig. 13 - Histograma dos teores de anortita dos plagioclásios dos basaltos da área em estudo.

rias determinações de anortita realizadas entre as rochas basálticas da Bacia do Paraná sugerem um predomínio de plagioclásios com composições que variam no intervalo das labradoritas (An_{50} e An_{70}). Diferentemente, o cálculo da composição normativa a partir das análises químicas reunidas por esse autor (*op. cit.*), "demonstra que cerca de 60% das análises produzem plagioclásios normativos com teor menor que An_{50} , situando-os principalmente no intervalo de composição das andesinas". Este conflito parece indicar, segundo RÜegg (1975), que as determinações óticas tendem a se concentrar em grãos mais cálcicos, em geral mais desenvolvidos, negligenciando-se, por problemas de medição, especialmente as fases presentes nos resíduos de cristalização que contêm plagioclásios mais sódicos.

Os plagioclásios estão em todas as amostras marcadamente zonados de maneira normal (fotomicrografias 2, 3 e 4), com núcleos mais cálcicos e, localmente, de maneira oscilatória. Invariavelmente estão maclados na lei albita e esporadicamente nas leis albita-periclina e albita-carlsbad. Os grãos de plagioclásios são em geral euédricos a subédricos, com tamanhos variando de 0,01 a 1,0 mm; os microfenocristais têm tamanho médio em torno de 1,0 mm, alcançando, às vezes, tamanhos de 2,0 mm ou pouco mais, quando constituem verdadeiros fenocristais (fotomicrografia 6).

Os clinopiroxênios, segundo mineral em importância quantitativa, estão presentes em todos os basaltos analisados sob a forma de augita e, subordinadamente, de pigeonita. A parecem como microfenocristais (tamanhos entre 0,8 a 2 mm), especialmente a augita, mas são mais comuns na matriz, com tamanhos variáveis entre 0,01 a 0,8 mm.

Os microfenocristais de clinopiroxênios estão geralmente zonados, com margens menos cálcicas, como acontece com os plagioclásios. São em geral anédricos, eqüidimensio-

nais a prismáticos, localmente maclados e, às vezes, pseudomorfizados por mineral filitoso de cor verde (clorita?).

Os ortopiroxênios, raramente registrados em rochas basálticas pela bibliografia (Rüegg, 1975 e Schneider, 1964 e 1970), aparecem em pequena quantidade somente em duas amostras, diagnosticados como hiperstênio: em um basalto hipocristalino (CK-2A), sob a forma de fenocristais, juntamente com plagioclásios e opacos, numa matriz predominantemente vítrea; e em uma amostra (ES-13) do basalto mineralizado a cobre da área-alvo de Macaco Branco (derrame nº 4).

Os minerais opacos constituem os principais acessórios das rochas basálticas, estando representados principalmente por magnetita e ilmenita, conforme comprovação através de análises calcográficas. A ilmenita está frequentemente intercrescida graficamente com magnetita completamente martitizada e esta associação aparece muitas vezes parcialmente substituída por massas irregulares e esponjosas de goetita.

Os plagioclásios, piroxênios e opacos encontram-se imersos numa matriz sempre presente nas rochas basálticas em quantidades muito variáveis. Em basaltos hipocristalinos a matriz é predominantemente vítrea, constituída de vidro paracente até avermelhado, em geral parcialmente desvitrificado. Neste caso é comum a presença de microvesículas, em geral preenchidas por celadonita, sílica criptocristalina ou por uma mistura das duas (clorofeíta). Mesmo em basaltos intergranulares holocristalinos, é característica a presença de matriz ou espaço intersticial preenchido por plagioclásios, piroxênios, opacos, sílica criptocristalina, vidro desvitrificado e minerais secundários. É na matriz também que estão quase sempre presentes, embora em pequenas quantidades, os intercrescimentos gráficos de quartzo com feldspatos alcalinos (fotomicrografia 4).

Entre os acessórios menores, a apatita está frequentemente presente em quantidades muito pequenas. Pseudomorfos de olivina foram diagnosticados por petrógrafos do LA MIN, em geral substituídos por *bowlingita* (clorita + goetita) e serpentinas. Os demais minerais presentes nas rochas basálticas são secundários, resultantes de fenômenos de intemperismo ou de natureza hidrotermal. Ocorrem preenchendo os espaços vazios (vesículas, fissuras) ou os interstícios das rochas basálticas. Dentre os minerais das amígdalas predominam o quartzo e suas variedades e a celadonita (determinada por difração de raios-X, tabela XXIV do anexo III). Em menores quantidades e por ordem de importância aparecem carbonatos, cloritas, zeolitas, esmectita, cobre nativo e seus oxidados. Entre os minerais secundários destacam-se os minerais argilosos que substituem principalmente os plagioclásios, mas também os piroxênios, o vidro vulcânico e os intercrescimentos micrográficos. Análises espectrográficas revelam a presença frequente de montmorilonita ou nontronita, muitas vezes ao lado de caulinita e ilita (Schneider, 1970). Substituindo os piroxênios e também os plagioclásios, aparecem ainda as cloritas, formando agregados microgranulares e preenchendo os interstícios da rocha. As serpentinas limitam-se aos basaltos com olivina. Resta mencionar os óxidos e hidróxidos de ferro que se formam às custas dos minerais ferromagnesianos e que impregnam as rochas basálticas de uma coloração acastanhada e mesmo avermelhada.

Classificação com Bases Mineralógicas

A supersaturação em SiO_2 , caracterizada pela presença de polimorfos de sílica, constitui evidência definitiva da afinidade toleítica de uma rocha basáltica. Em consequência, cerca de 70% dos basaltos analisados petrograficamente foram classificados como toleíticos, em razão da presença de intercrescimentos micrográficos de quartzo e feldspatos alcalinos nessas rochas. A ocorrência generali-

zada de dois clinopiroxênios (augitas e pigeonitas) também é uma característica de basaltos toleíticos, da mesma forma que a presença de hiperstênio, constatado apenas em duas amostras.

Menos de 10% dos basaltos da área em estudo não tiveram uma classificação definida por falta de critérios petrográficos. São em geral basaltos afaníticos ou com granulação muito fina, contendo grandes quantidades de material vítreo, parcialmente desvitrificado. Mesmo nesses basaltos é possível que o quartzo esteja presente sob a forma potencial no vidro, uma vez que esse mineral é um dos últimos a cristalizar. Em resumo, praticamente todos os basaltos analisados petrograficamente podem ser classificados, com bases mineralógicas, em basaltos toleíticos.

Por outro lado, a relação percentual plagioclásio/clinopiroxênio pode ser indicativa da aproximação para basaltos aluminosos. Esta relação apresenta valores entre 1 e 1,5 para a maioria dos basaltos analisados, sendo inferior a 1 somente nas amostras ES-21, 29, 32, 33 e 35 (tabela XXII do anexo II). Nas amostras que apresentam essa relação superior a 1,5 é bem provável uma forte tendência para basaltos aluminosos, conforme verificou-se para o basalto da amostra ES-40, no qual a relação plagioclásio/clinopiroxênio de 1,6 concide com um teor anômalo de Al_2O_3 (19,2%). Caracteristicamente, todas as amostras do *sheet* básico diferenciado (item 3.6 desse relatório) apresentam valores elevados para essa relação, variando de 1,7 até 2, evidenciando provavelmente uma composição aluminosa para essas rochas.

3.3.5 - Composição Química

Resultados e Comparações

A composição química das rochas basálticas da Bacia do Paraná tem sido abordada por vários autores, destacando-se os trabalhos de Schneider (1964), Rüegg (1969 e 1970), Issler (1970) e Rüegg (1975). A determinação química dos óxidos fundamentais de 13 amostras de basaltos da área do projeto não trouxe, a rigor, nenhuma novidade ao conhecimento geoquímico dessas rochas. Foram selecionadas amostras para análises químicas de derrames basálticos portadores de depósitos de cobre ou guias estratigráficos, as quais foram acompanhadas invariavelmente de análises petrográficas e análises geoquímicas para determinação de cobre.

A tabela II da folha seguinte apresenta os resultados analíticos das 13 amostras de basaltos, seguidos de uma caracterização sucinta, procedência e amostras correspondentes com análises petrográficas e análises geoquímicas para determinação de cobre. Da análise visual dos dados químicos alinhados nesta tabela pode se fazer as seguintes observações gerais:

- (1) os valores de SiO_2 variam de 47,5 a 51,4%, todos dentro do intervalo das rochas básicas;
- (2) os teores de Al_2O_3 variam de 12,8 a 15,6%, com um valor discrepante de 19,2% (CG-10), correspondente ao basalto amigdalóide com cobre nativo e oxidados de cobre em vesículas do derrame cuprífero da área de São Paulo (nº 9);
- (3) os valores de ferro total são muito elevados, a maioria superior a 14%, alcançando teores de 15,4% (CG-4) e 15,7% (CG-9);

TABELA II - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE BASALTOS DA ÁREA DO PROJETO COBRE EM ITAPIRANGA

Nº da Amostra	CG-1	CG-2	CG-3	CG-4	CG-5	CG-6	CG-7	CG-8	CG-9	CG-10	CG-11	CG-12	CG-13	Composição Média
Oxido														
S ₁ O ₂	51,0	51,0	48,1	50,5	48,4	47,5	49,0	49,6	51,4	48,7	49,3	51,0	49,6	49,62
Al ₂ O ₃	13,5	13,5	14,2	13,2	14,2	13,2	13,2	13,2	12,8	19,2	15,6	15,1	15,1	14,30
Fe ₂ O ₃	7,1	5,7	7,3	9,4	9,4	9,3	11,2	11,6	9,0	8,7	8,3	6,6	8,9	8,65
Fe O	7,1	8,4	7,3	6,0	4,4	5,8	4,1	4,1	6,7	5,8	5,8	6,1	4,5	5,85
Ti O ₂	2,0	2,0	2,0	2,5	2,0	2,2	2,2	2,5	2,5	2,2	3,4	1,8	2,1	2,26
Mn O	0,23	0,23	0,24	0,27	0,23	0,23	0,20	0,21	0,26	0,27	0,28	0,27	0,29	0,24
Ca O	8,4	8,4	9,4	7,7	8,4	9,1	9,4	7,7	7,7	8,4	7,7	9,0	9,4	8,51
Mg O	5,1	5,0	5,6	4,3	5,0	5,1	4,8	4,6	5,0	5,0	3,5	5,5	5,6	4,93
Na ₂ O	2,5	2,5	2,1	2,6	2,6	2,1	2,4	2,6	2,4	2,9	2,9	2,7	2,3	2,50
K ₂ O	0,9	1,0	0,85	1,6	1,3	0,6	1,1	1,1	1,1	0,36	1,5	1,1	0,79	1,02
P ₂ O ₅	0,30	0,35	0,32	0,33	0,35	0,30	0,30	0,30	0,35	0,33	0,37	0,30	0,29	0,32
P F	1,1	1,2	3,2	1,5	3,4	4,4	2,1	3,1	1,5	4,1	1,2	1,3	1,9	2,30
Unidade	0,8	1,2	1,9	1,0	2,3	3,3	1,4	2,1	0,98	-	-	-	-	1,15
TOTAL	100,03	100,48	102,51	100,90	101,98	103,13	101,40	102,71	101,69	105,96	99,85	100,77	100,77	101,70

Nº da Amostra (CG)	Caracterização e Procedência	A	B
1 -	Basalto intergranular, da zona intermediária do derrame nº 4 de Macaco Branco, portador de disseminações de Cu nativo. Pedreira da Prefeitura Itapiranga.	ES-13	CK-15
2 -	Basalto da mesma zona e derrame da amostra anterior. Área de Flor da Serra. Ocorrência de Cu Guilherme Holland. Tenente Portela.	ES-22	CK-29
3 -	Basalto preto de derrame guia estratigráfico (2º derrame) da área de Dourado. Itapiranga.	ES-15	CK-23
4 -	Basalto da mesma zona e derrame das amostras (1) e (2). Área de Aparecida. Itapiranga.	ES-19	CK-26
5 -	Basalto microvesicular, granulação fina a média, guia estratigráfico (1º derrame). Sede Capela. Itapiranga.	ES-7	CK-5
6 -	Basalto microvesicular, base zona amigdalóide. Derrame (8º) com ametistas. Km 20, SC-472, trecho Iporã-Itapiranga.	ES-6	CK-4
7 -	Basalto microporfirítico, amigdalóide, zona de diaclasamento horizontal superior do derrame nº 8 (com cobre em vesículas). Linha Morais. Caiçara.	ES-30	CK-40
8 -	Basalto amigdalóide com cobre nativo e oxidados. Ocorrência do Mariani. Base da zona amigdalóide do 11º derrame. Vista Alegre. Frederico Westphalen.	ES-34	CK-47
9 -	Basalto da zona intermediária do derrame nº 9. Outro derrame com depósitos de Cu de intemperismo da área de Vista Alegre. Frederico Westphalen.	ES-36	CK-49
10 -	Basalto amigdalóide do mesmo derrame (9º) da amostra anterior. Área de São Paulo. Frederico Westphalen.	ES-40	CK-55
11 -	"Sheet" básico, diferenciado, com textura plutônica e pegmatitos. Km 5 estrada estadual Iraí-Planalto. Iraí.	ES-45	CK-58
12 -	Basalto intergranular possivelmente da mesma zona (intermediária) e derrame (4º) das amostras (1), (2) e (4). Área Santa Fé. Itapiranga.	ES-57	CK-73
13 -	Basalto cinza escuro, zona intermediária (2º) derrame da área de Santa Fé, Km 1, SC-472. Itapiranga	ES-56	CK-72

A - Amostras correspondentes com análises petrográficas (tabela XXII do anexo II).

B - Amostras correspondentes com análises de rocha de absorção atômica e espectrografia de emissão semiquantitativa para determinação de cobre (tabela XIX do anexo I).

- (4) os álcalis (Na_2O e K_2O) apresentam pequenas variações entre si, o mesmo acontecendo com os demais elementos; e
- (5) existe uma boa correlação química entre valores químicos correspondentes a basaltos de um mesmo derrame, especialmente no caso das amostras CG-1, CG-2, CG-4 e CG-12, referentes à zona intermediária do derrame nº 4 das folhas de Itapiranga e Tenente Portela.

Para a comparação entre os resultados analíticos dos basaltos da área do projeto e os dados químicos de províncias basálticas equivalentes, inclusive a da Bacia do Paraná, usou-se os dados publicados em Rüegg (1970), referentes a 104 análises de rochas basálticas da Bacia do Paraná, 89 de basaltos da Província do Karroo, 70 do Deccan, 83 de diabásios da Antártica e 51 de basaltos da Tasmânia. Estes dados estão reunidos em termos de composição média na tabela III, a partir da qual pode se fazer as seguintes comparações:

- (1) é boa a correspondência entre os resultados obtidos para os basaltos da área do projeto e aqueles usados por Rüegg (*op. cit.*) para os basaltos da Bacia do Paraná; apenas os valores de F_2O_3 e FeO são inversamente proporcionais para essas áreas;
- (2) o teor de SiO_2 dos basaltos da Bacia do Paraná e da área do projeto é aproximadamente equivalente ao do Deccan e inferior ao das demais províncias;
- (3) os valores médios de Al_2O_3 e MgO são muito semelhantes em todas as províncias basálticas e na área do projeto;

Tabela III

Composição média de basaltos da Área do Projeto Cobre em Itapiranga em em comparação com basaltos da Bacia do Paraná e com outras províncias basálticas equivalentes.

	Karoo (África do Sul)	Deccan (Índia)	Antártica	Tasmânia (Austrália)	Paraná	Área do Projeto
SiO ₂	51,0	49,5	53,3	52,4	48,9	49,62
Al ₂ O ₃	14,0	13,2	13,7	13,7	13,2	14,30
TiO ₂	0,8	1,9	0,5	0,4	2,4	2,30
Fe ₂ O ₃	0,3	3,7	1,4	0,1	4,0	8,65
FeO	8,8	10,0	6,8	7,6	7,4	5,85
FeO+Fe ₂ O ₃	9,1	13,7	8,2	7,7	11,4	14,50
MgO	5,9	4,5	5,4	5,4	4,1	4,93
CaO	8,8	9,7	9,0	11,2	7,8	8,51
Na ₂ O	1,8	2,6	1,6	1,3	2,2	2,50
K ₂ O	0,6	0,6	0,7	0,7	1,2	1,02

- (4) os teores médios de TiO_2 , Fe_2O_3 , Na_2O e K_2O nos basaltos da Bacia do Paraná (e área do projeto) são superiores aos valores desses óxidos para as demais províncias; e
- (5) o notável teor de ferro total dos basaltos da área do projeto é superior ao obtido pelos basaltos de todas as demais províncias, inclusive a da Bacia do Paraná, reconhecidamente uma província muito rica neste elemento, conforme registrado em vários trabalhos (Schneider, 1964, Rüegg, 1969, 1970 e 1975).

A tabela IV seguinte apresenta a composição química média dos diferentes tipos de basaltos de platô (Hyndmann, 1972), os quais podem ser comparados com os basaltos toleíticos continentais da área em estudo. De imediato verifica-se uma boa correspondência entre os basaltos toleíticos da área do projeto e os toleíticos continentais referidos por Hyndmann (*op. cit.*) na tabela IV. Comparados com os basaltos alcalinos a olivina, os basaltos toleíticos (continentais, oceânicos e os da área do projeto, possuem teores mais baixos em Al_2O_3 , TiO_2 , MgO , Na_2O , K_2O e P_2O_5 e mais altos em SiO_2 , ferro total e MnO . Comparados com os toleíticos oceânicos, os toleíticos continentais (inclusive os da área do projeto) apresentam valores mais altos de ferro total, TiO_2 , MnO , K_2O e P_2O_5 e mais baixos de Al_2O_3 , CaO e MgO . Entre esses, destacam-se os valores elevados de K_2O dos toleíticos continentais, sendo que a razão Na_2O/K_2O é inferior a 3 para os toleíticos continentais e superior a 10 para os oceânicos.

Tabela IV

Composição média de basaltos da Área do Projeto Cobre em Itapiranga em comparação com os diferentes tipos de basaltos de platô.

Óxidos fundamentais	Toleitos continentais	Toleitos oceânicos	Basaltos alc. a olivina	Basaltos Proj. Cobre Itap.
SiO ₂	50,7	49,3	47,1	49,62
Al ₂ O ₃	14,4	15,2	15,3	14,30
Fe ₂ O ₃	3,2	2,4	4,3	8,65
FeO	9,8	8,0	8,3	5,85
TiO ₂	2,0	1,8	2,7	2,30
MnO	0,2	0,17	0,17	0,24
CaO	9,4	10,8	9,0	8,51
MgO	6,2	8,3	7,0	4,93
Na ₂ O	2,6	2,6	3,4	2,50
K ₂ O	1,0	0,24	1,2	1,02
P ₂ O ₅	0,5	0,21	0,41	0,32
P.F.	-	-	-	2,30
Total	100,0	99,02	99,88	100,54
Nº de Análises	150	150	150	13

Classificação com Bases Químicas

Na caracterização das séries basálticas, inúmeros trabalhos tem procurado estabelecer parâmetros de relacionamento dos teores químicos, principalmente através de diagra

mas contendo alguns componentes percentuais das rochas em estudo. Entre esses diagramas, um dos mais utilizados é o "álcalis *versus* sílica", adotado para distinguir as séries toleíticas das séries alcalinas. Este diagrama está ilustrado na figura 14 a seguir, na qual foram lançados os dados químicos das rochas basálticas da área do projeto sobre os valores correspondentes de basaltos da Bacia do Paraná, segundo Rüegg (1969 e 1970). De acordo com esse mesmo autor (1975), os parâmetros usados neste diagrama conduzem a conclusões incoerentes com a composição mineralógica normativa que indica uma natureza toleítica supersaturada para essas rochas, frontalmente contrária ao caráter alcalino evidenciado pelo diagrama para a maior parte dos basaltos da Bacia do Paraná (fig. 14). Este conflito químico-mineralógico não se verificou para as rochas basálticas analisadas no presente trabalho, uma vez que o caráter toleítico definido com bases mineralógicas foi confirmado quimicamente no referido diagrama para a maioria das amostras, com exceção dos basaltos das amostras (5) e (11), de natureza alcalina.

Outro diagrama usado para distinguir basaltos toleíticos de alcalinos é o que relaciona MgO *versus* Al_2O_3/SiO_2 , conforme ilustração na figura 15. Trata-se do diagrama de Murata (1960), apresentado por Rüegg (1975) para os basaltos da Bacia do Paraná, os quais são comparados no mesmo diagrama com os basaltos da área do projeto. Para ambas as situações, os pontos lançados no referido diagrama não se localizam sobre as linhas de variações de uma ou de outra série basáltica, indicando para as rochas estudadas um caráter intermediário ou transicional entre as duas séries.

Outros autores (Chayes, 1966, Miyashiro, 1974 e Middlemost, 1975) classificam as rochas basálticas em dois grandes grupos: rochas alcalinas e rochas subalcalinas (ou não-alcalinas). Para distinguir esses dois grupos de rochas são usados os diagramas "sílica *versus* óxido de potássio" e "sílica *versus* óxido de sódio" (Middlemost, 1975). De acordo

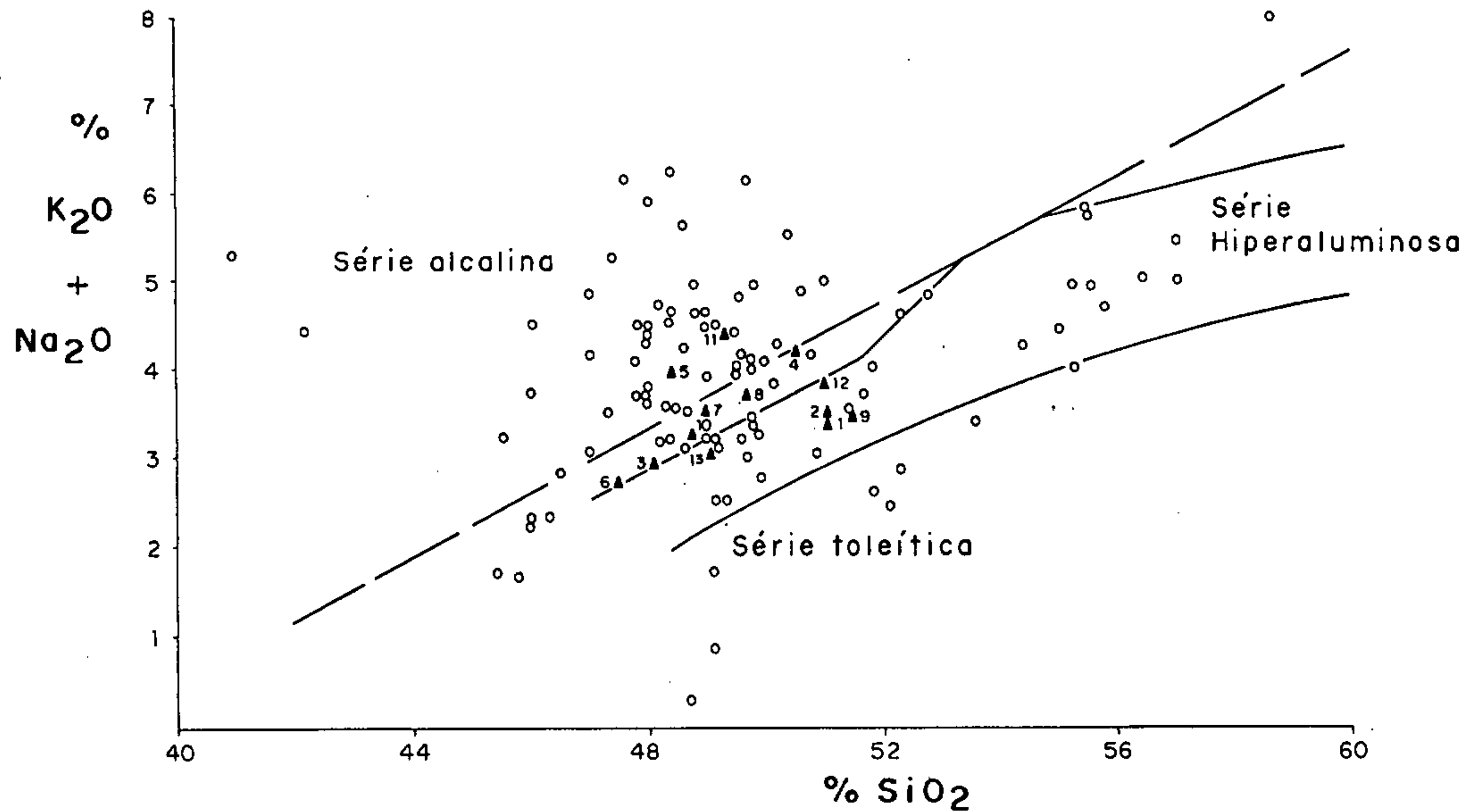


Fig. 14- Diagrama álcalis X sílica usado para distinguir as séries basálticas. A linha tracejada separa a série alcalina da toleítica (Macdonald & Katsura, 1964). As linhas contínuas separam os basaltos hiperáluminosos dos toleíticos e alcalinos (Kuno, 1967). Os círculos representam análises de basaltos da Bacia do Paraná, segundo Rüegg (1969 e 1970), e os triângulos, os basaltos da área do Projeto Cobre em Itapiranga.

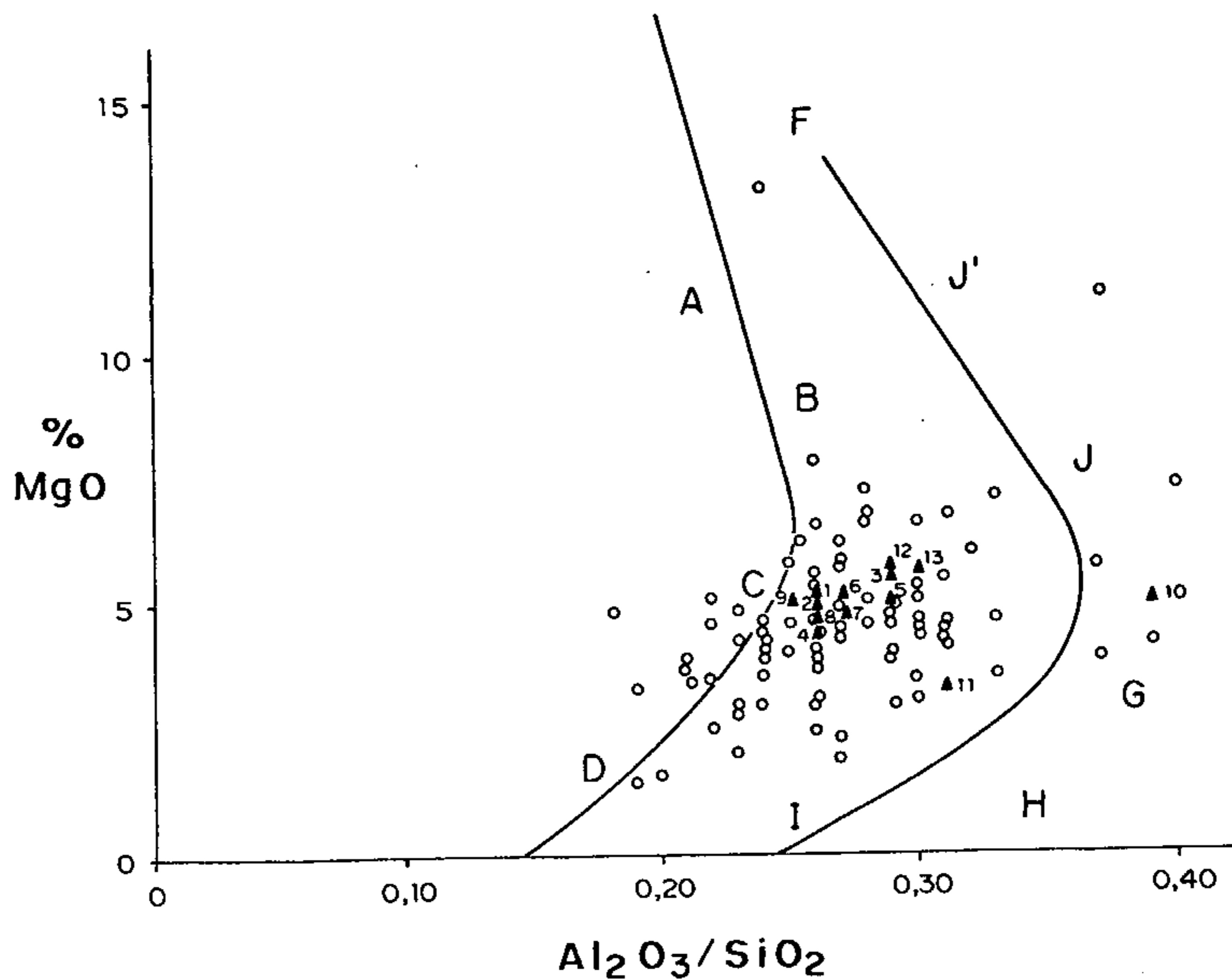


Fig. 15 - Diagrama de Murata (1960), reproduzido de Barth (1962) in Rüegg (1975), para classificação das séries basálticas. A-B-C-D, linha de variação da série toleítica; F-J'-G-H-I, linha de variação da série alcalina. Círculos referem-se às rochas basálticas da Bacia do Paraná (Rüegg, 1969 e 1970), triângulos, aos basaltos da área do Projeto Cobre em Itapiranga. De acordo com diagrama, as rochas basálticas tem caráter predominantemente transicional.

com esses dois gráficos, ilustrados nas figuras 16 e 17, a maioria dos basaltos da área do projeto são classificados como rochas subalcalinas, alguns poucos com tendência a basaltos alcalinos (basaltos transicionais).

A classificação das rochas basálticas subalcalinas em basaltos toleíticos ou hiperaluminosos (*high-alumina basalts*) pode ser feita através do diagrama "alumina versus índice alcalino" $\left(\frac{\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}}{(\text{SiO}_2 - 43) \times 0,17} \right)$ (Middlemost, 1975). Este diagrama (fig. 18) mostrou que todos os basaltos estudados da área do projeto pertencem ao clã toleítico, com exceção do basalto da amostra CG-10 (caracterização e procedência dessa amostra junto à tabela II), classificado como hiperaluminoso, em razão do excessivamente elevado teor de alumina desse basalto (19,2%).

Concluindo, os basaltos da área em estudo, analisados quimicamente, são basaltos toleíticos, subalcalinos, alguns com tendência a alcalinos (basaltos transicionais) e excepcionalmente com caráter hiperaluminoso.

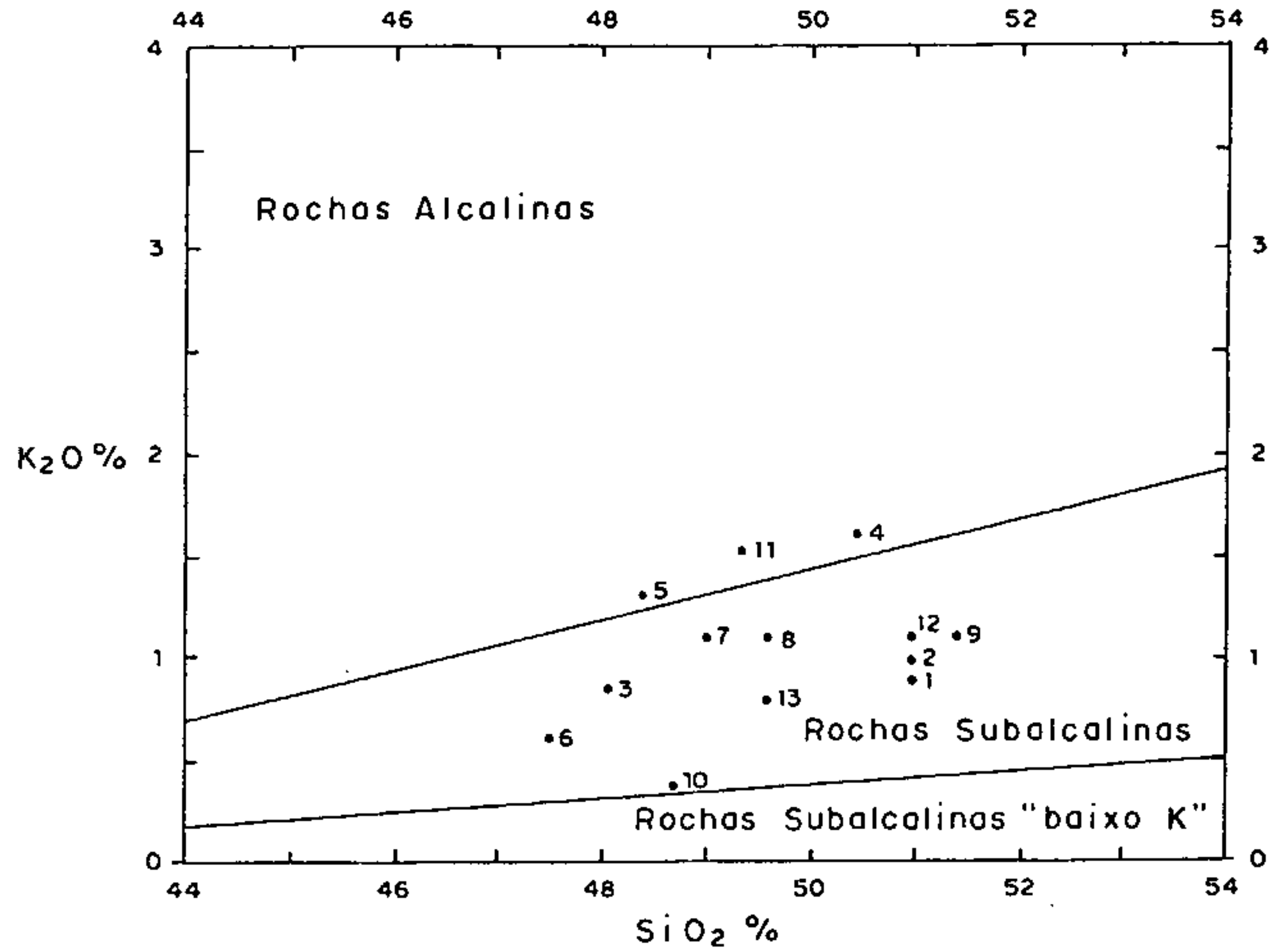


Fig. 16 - Diagrama sílica *versus* óxido de potássio, segundo Middlemost (1975), separando as rochas alcalinas dos subalcalinas.

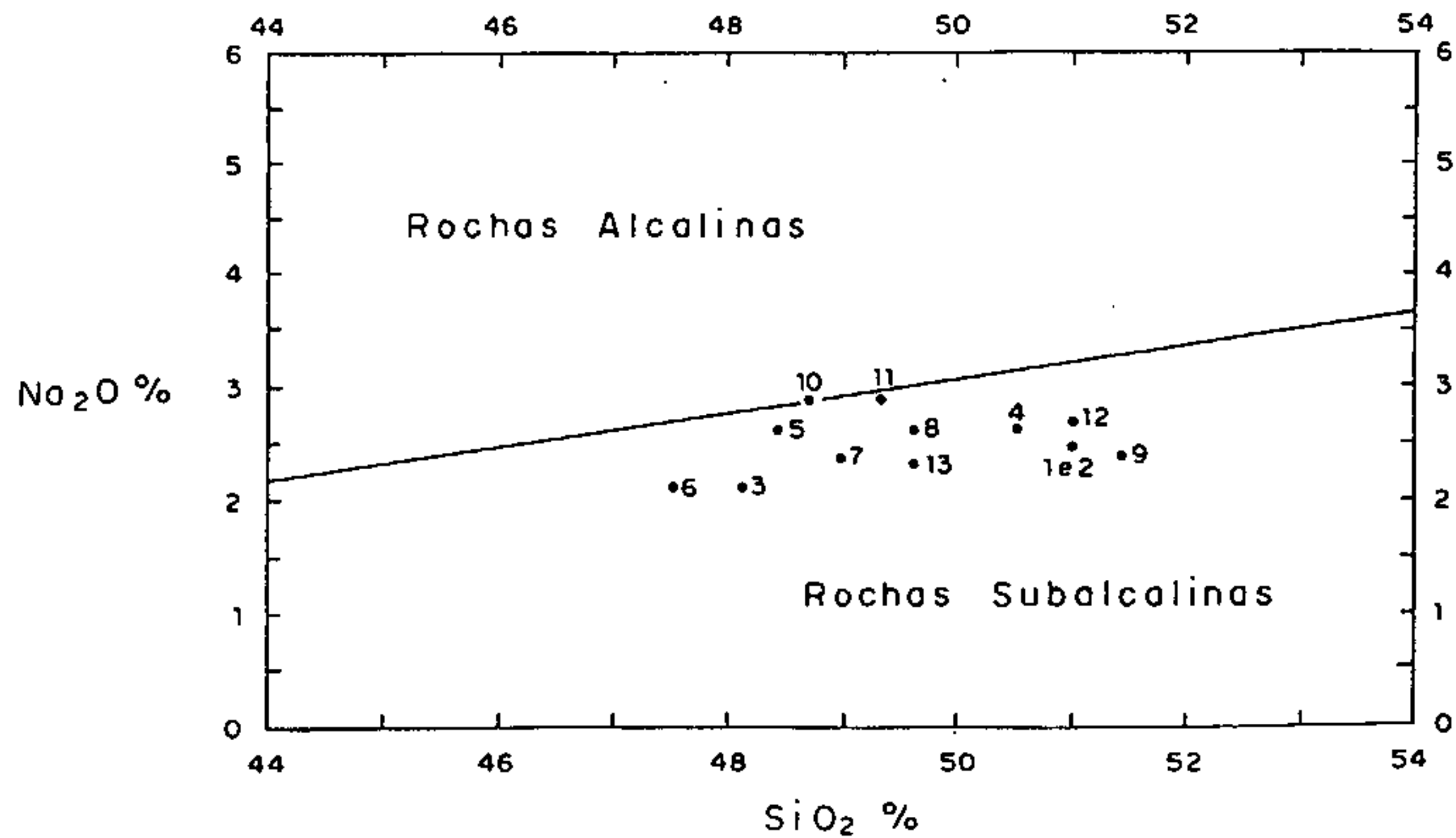


Fig. 17 - Diagrama sílica *versus* óxido de sódio, segundo Middlemost (1975), separando as rochas alcalinas das subalcalinas.

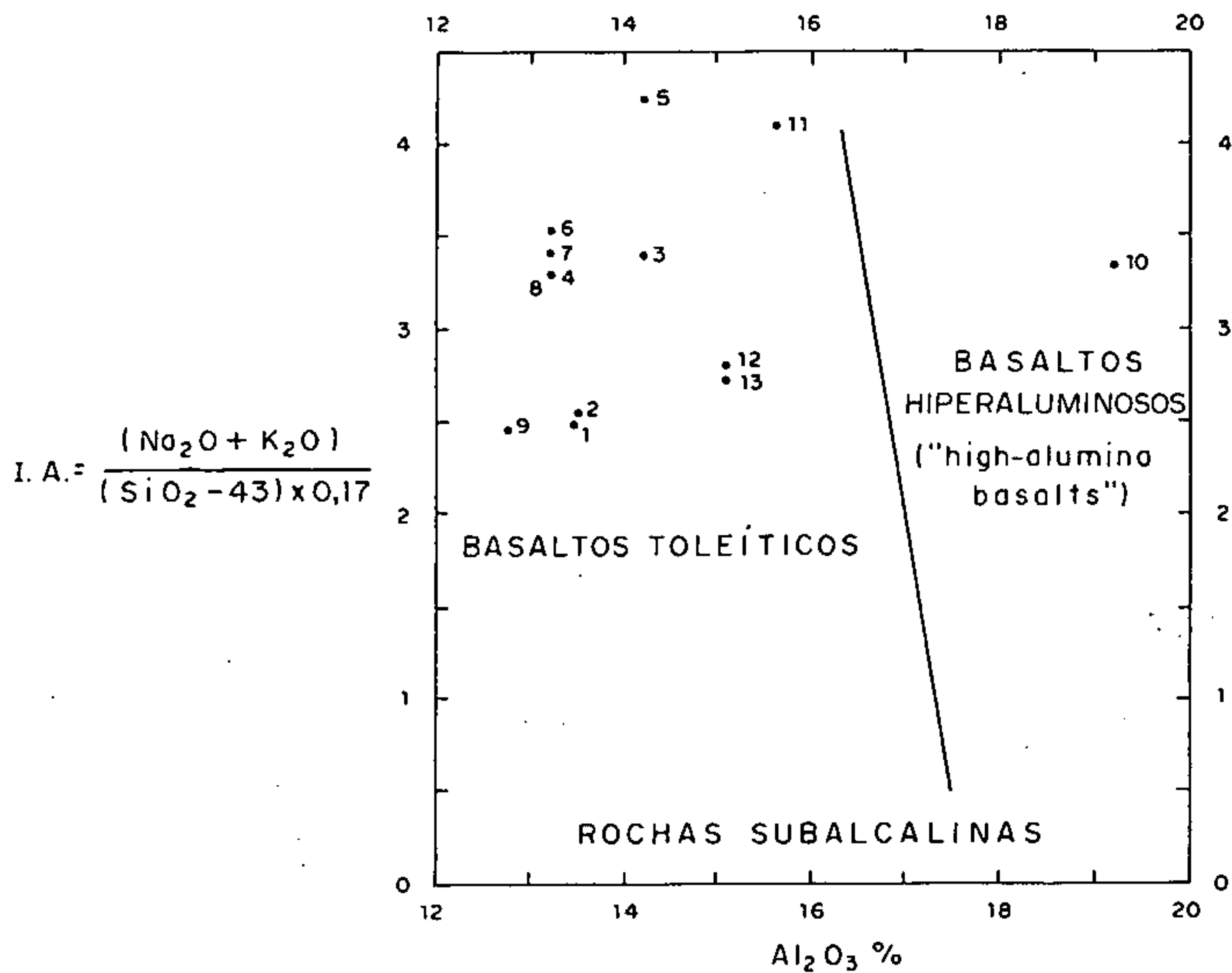


Fig. 18 - Diagrama alumina *versus* índice alcalino (I.A.), segundo Middlemost (1975), separando os basaltos toleíticos dos basaltos hiperaluminosos, para rochas subalcalinas.

3.4 - ARENITOS E SILTITOS INTERCALARES

3.4.1 - Características de Campo

As rochas de origem sedimentar ocorrem em três situações diferentes na seqüência de derrames basálticos. A mais comum está representada por níveis delgados e descontínuos de arenitos e siltitos avermelhados, depositados entre diferentes derrames basálticos, em continuidade temporal com os arenitos eólicos da Formação Botucatu. São os chamados arenitos *intertrapp*, que por essa condição estratigráfica, constituem o mais importante aspecto na separação das sucessivas corridas de lava (fotos 5, 7, 8, 17, 18 e 25). Estes mesmos arenitos e siltitos avermelhados aparecem frequentemente misturados com fragmentos de basalto amigdalóide no topo de determinados derrames basálticos, formando brechas vulcânicas mistas, cuja abordagem será feita no item seguinte desse relatório (3.5). A terceira situação, é totalmente inédita e aparece apenas localmente, junto a BR-386, no km 429, próximo a Iraí: são níveis de arenito siltítico cinza-esverdeado escuro, com possança até 0,80 m, intercalados em um derrame basáltico hipocristalino (arenitos intraderrame).

Os arenitos e siltitos *intertrapp* ou interderrames, além da cor avermelhada, granulação fina e o caráter descontínuo, caracterizam-se por uma notável e generalizada silicificação que provoca um grande endurecimento, principalmente nos níveis de pequena possança. Esta silicificação é apenas intersticial e decrescente do topo para a base das camadas (Veiga, 1973). Quase sempre a silicificação homogeneiza essas rochas sedimentares, mascarando suas estruturas primárias e assemelhando-as com rochas vulcânicas de composição riolítica. Esta semelhança torna-se mais notável quando verifica-se a presença de vesículas vulcânicas (produzidas pelo derrame posterior) no seio desses arenitos silici-

ficados e com cor de carne.

A presença de estratificação plano-paralela ou cruzada constatou-se em poucas situações, principalmente nos horizontes de maior possança, embora se verifiquem também em corpos com menos de 0,50 m de espessura. Mais comumente, entretanto, são níveis maciços e homogêneos de arenitos silicificados.

A possança é invariavelmente pequena, a maioria das vezes inferior a 0,50 m. Varia desde filetes de arenito (1 a 5 cm) (foto 18), com valores mais frequentes entre 0,30 e 0,50 m (fotos 5 e 7), atingindo uma possança máxima de 1,35 m no nível sobrejacente ao derrame portador dos depósitos de ametista (km 420, BR-386, foto 8).

Os arenitos e siltitos intercalares estão presentes entre quase todos os derrames basálticos existentes na área do projeto, sob a forma de níveis sub-horizontalizados e descontínuos e/ou de brechas vulcânicas mistas. Aparecem entre os derrames mais inferiores ao nível do rio Uruguai (160 m) até nas porções mais altas (600 m). O fato de não serem constatados em muitos afloramentos deve ser atribuído principalmente ao seu caráter descontínuo. Por outro lado, algumas vezes delgados horizontes de arenitos intertrapeanos podem ser acompanhados continuamente por grandes distâncias (100, 200 até 1.000 m).

A ausência de um arenito intercalar entre dois derrames basálticos é um critério mais forte de correlação estratigráfica que sua presença entre essas lavas. Por exemplo, o derrame nº 4 da folha Frederico Westphalen (anexo IX) é um guia estratigráfico por critérios petrográficos e morfológicos (fig. 4) e por não apresentar um nível de arenito *intertrapp* acima de seu topo em todos os afloramentos visitados, desde a área de Vista Alegre até Linha União.

Dentre as rochas sedimentares intercalares aos derrames basálticos, os arenitos esverdeados constituem uma situação inteiramente nova (fig. 19), evidenciando as seguintes diferenças em relação aos arenitos e siltitos interderrames de origem provavelmente eólica:

- (1) uma posição intraderrame, localizada possivelmente na base de um derrame basáltico hipocris talino a vítreo de pequena espessura;
- (2) a cor cinza-esverdeada escura, localmente verde média; e
- (3) uma origem não eólica, possivelmente ligada a um ambiente aquoso.

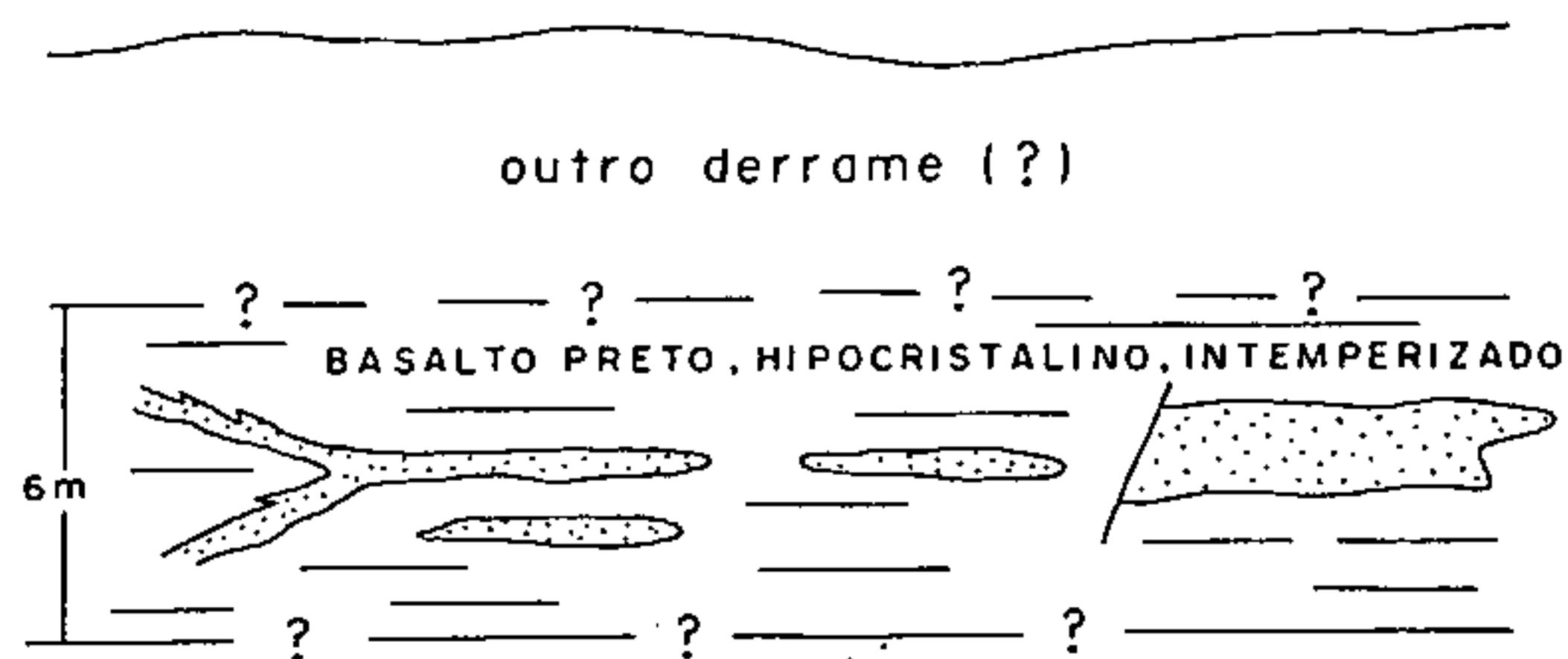


Fig. 19 - Posição intraderrame dos arenitos cinza-esverdeados. BR-386, km 429.

Os arenitos intraderrame apresentam as seguintes semelhanças com os arenitos interderrames:

- (1) tamanho do grão variando entre areia fina e silte;
- (2) intensa silicificação generalizada;
- (3) pequena possança, desde 0,10 m até 0,80 m; e

- (4) fino bandeamento entre níveis areníticos e níveis sílticos.

3.4.2 - Petrografia Simplificada

As análises petrográficas de lâmina delgada mostraram que as rochas sedimentares intercaladas entre os derrames basálticos variam desde siltitos argilosos até arenitos conglomeráticos, dominando a fração areno-síltica (tabela V).

Ao microscópio verifica-se um bandeamento distinto, determinado por bandas sílticas e argilosas (ES-43) nos siltitos argilosos ou por bandas areníticas e bandas sílticas nos arenitos sílticos (ES-16 e ES-44) (fotomicrografia 8). Nos arenitos de grãos médios a grosseiros (ES-44) até conglomeráticos (ES-48), esse bandeamento não é notável microscopicamente, enquanto que os grãos são bem arredondados e com média esfericidade (fotomicrografia 7), diferentemente das frações mais finas, nas quais os grãos são mal arredondados e de baixa esfericidade (fotomicrografia 8). A cor avermelhada, característica de todas as frações, é produzida pela forte impregnação da matriz em hematita e outros óxidos e hidróxidos de ferro não identificados.

O arcabouço dessas rochas é constituído principalmente de quartzo (em geral mais de 50%), seguido de feldspatos e fragmentos de basalto vítreo e hipocristalino (fotomicrografia 7). A matriz está representada por minerais argilosos e filitosos impregnados de material vermelho à base de óxidos de ferro, sendo o cimento presente constituído de sílica criptocristalina, às vezes, de carbonatos. Além dos constituintes citados aparecem frequentemente sericita, opacos, biotita, zircão, zeolitas (em vesículas), cloritas, turmalina, granada, epidoto-zoisita e anfibólios.

Embora a diferença da cor, os arenitos intrader-

rame esverdeados são petrograficamente semelhantes aos arenitos e siltitos avermelhados. Possuem em lâmina uma granulação que varia desde bandas arenosas até bandas sílticas, com grãos mal classificados e baixos arredondamento e esfericidade (ES-63). O quartzo é o mineral predominante (mais de 50%), com tamanhos mensuráveis desde 0,01 mm até um tamanho médio de 0,1 mm nas bandas mais grosseiras. Grande quantidade de minerais de alteração, de granulação muito fina, não identificados pelo processo ótico, ocorre na matriz das bandas mais grosseiras e constituindo a maior parte das bandas mais finas. Ocorrem ainda minerais opacos, mica branca (fengita), celadonita, piroxênio, plagioclásio e zeolitas, essas últimas preenchendo microvesículas das frações mais finas.

3.5 - BRECHAS VULCÂNICAS

3.5.1 - Referências Anteriores. Nomenclatura e Origem

Não são muitas as referências em trabalhos anteriores de possíveis atividades explosivas ligadas ao vulcanismo basáltico da Bacia do Paraná. Algumas indicações são apresentadas em Leinz (1949), tais como: Washburne que descreve a ocorrência de bombas vulcânicas de basalto amigdalóide em Botucatu (SP); Almeida, na Serra do Maracaju (Mato Grosso) e Plínio de Lima, em Guarapuava (Paraná). Esta última teria vários quilômetros de extensão e seria constituída de fragmentos angulosos de basalto amigdalóide, cimentados por uma massa finíssima de cor verde composta de material cinerítico e argila detrítica. Ainda Leinz (*op. cit.*) refere-se a um arenito vulcanoclástico proveniente de Iraí (RS) e relacionado a uma fase explosiva. A origem proposta por esse autor a tais produtos piroclásticos é a mais compatível com as observações de campo feitas na área do Projeto Cobre

em Itapiranga. Segundo essa proposição, as explosões se efetuariam nos próprios derrames, não tendo uma origem mais profunda. Nestes derrames, já solidificados na superfície e em fusão no centro, o acúmulo de gases represados pela crosta endurecida, provocaria as explosões, rompendo as crostas amigdalóides ou vítreas e misturando-as com o material sedimentar em vias de formação.

Em 1957, Barbosa refere-se ao vulcanismo da Bacia do Paraná como sendo do tipo escudo e não explosivo, relacionando, entretanto, as ocorrências citadas por Leinz (*op. cit.*) como representativas de uma medíocre explosividade.

Posteriormente, em 1966, Leinz retorna ao assunto com outros colaboradores, referindo-se a uma brecha vulcânica no trecho da BR-2 entre os rios Pelotas e Caí (RS), constituída de fragmentos de basalto vesicular, envolvidos por uma massa de basalto compacto. Verificam esses autores que tal brecha está sempre ligada às zonas vesiculares representativas do topo dos derrames, mas concluem, contraditoriamente, que se trata de uma lava aglomerática, cuja origem está ligada à base dos derrames.

Ainda em 1966, Farjallat e Suguio descrevem "uma brecha clástica basáltica de matriz arenosa", em um corte da rodovia que liga Sidrolândia a Nioaque, no Mato Grosso. Estes autores atribuem uma origem sedimentar à referida brecha, que seria formada pela deposição concomitante de areia e blocos de basaltos caídos das proximidades. Origem semelhante é proposta por Guidicini e Campos (1968) para brechas vulcânicas existentes no local da Barragem de Jupia, no rio Paraná, as quais seriam formadas pela penetração de areia solta nas fendas e cavidades da crosta escoriácea do derrame subjacente, e consolidadas pela ação de eventos posteriores. Embora essa origem seja sugerida em alguns afloramentos da área do projeto, nos quais a brecha mista tem expressão local e os fragmentos de basalto são arredondados

(foto 18), outros aspectos negam essa proposição, como, por exemplo, a presença de estratificação "eólica" na matriz arenosa dessas rochas, registrada pelos próprios autores (Guidicini e Campos, 1968).

Neste ano de 1968, Grehs e Vergara relatam a ocorrência de uma rocha mista em Carazinho, formada pela mistura de basalto e arenito, gerando solos com alta percentagem de quartzo. Atribuem tais rochas mistas à base dos derrames basálticos que englobariam o arenito inconsolidado por ocasião da corrida da lava.

Schneider (1970) refere-se também a rochas de composição mista no perfil Foz do Iguaçu - Serra da Esperança (Paraná), constituídas de fragmentos angulosos de basalto amigdalóide em "matriz" de arenito-silto-argiloso. Tais rochas poderiam ser classificadas como tufos ou brechas basálticas e sua origem seria controversa, segundo esse autor.

A associação mais comum dessas brechas - basalto amigdalóide e arenito síltico - está caracteristicamente presente no topo dos derrames basálticos portadores de ametista do Departamento de Artigas (Uruguai) e da região do Alto Uruguai (RS). No Uruguai essas rochas foram chamadas de brecha ígnea por Bossi e Caggiano (1974) e relacionadas à incorporação de areias eólicas na parte superficial dos derrames, ainda em fusão na porção abaixo do nível de escória superficial. No Alto Uruguai (RS), foram denominadas de brecha vulcânica por Szubert *et alii* (1978), constituindo-se no mais importante guia de prospecção dos jazimentos de ametista da região.

3.5.2 - Tipos e Caracterização de Campo

Brechas de Topo de Derrame

(1) Brecha Vulcânica Mista - Trata-se de uma brecha vulcânica invariavelmente presente no topo de alguns derrames basálticos, constituída de uma mistura irregular de fragmentos angulares de basalto amigdalóide e de arenito síltico, avermelhado, este sob a forma mais comum de fragmentos (foto 14) ou formando uma matriz areno-síltica (foto 15). A mineralogia, as características de campo e outras observações de algumas amostras estudadas deste tipo de brecha estão registradas na tabela V a seguir.

O contato superior da brecha com o derrame sobrejacente é invariavelmente irregular, acidentado (fotos 14 e 16), diferentemente dos contatos normalmente plano-horizontais (fotos 13, 17 e 25) entre 2 derrames basálticos sem nenhuma brechação entre eles.

Em muitos afloramentos tem-se a impressão que o arenito englobou os fragmentos de basalto amigdalóide, formando uma espécie de matriz sedimentar (foto 15). Em outros casos os arenitos aparecem sob a forma de fragmentos angulares, inclusive com estratificação cruzada, sugerindo a possibilidade de que a fase de brechação tenha ocorrido após a consolidação dos depósitos eólicos de areia síltica. Na base dessas brechas, normalmente transicional para a zona vésiculo-amigdaloidal, o basalto forma uma espécie de matriz vulcânica, englobando fragmentos irregulares de arenito.

Os fragmentos tem tamanhos variáveis, desde poucos centímetros até, raramente, mais de 1 m. Os fragmentos de basalto amigdalóide são comumente de maiores tamanhos que os de arenito. O tamanho médio dos fragmentos é da ordem de 5 cm nas brechas menos grosseiras e em torno de 20 cm nas mais

TABELA- V - PETROGRAFIA SIMPLIFICADA DE ARENITOS E BRECHAS VULCÂNICAS

Nº AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO	MINERALOGIA	CARACTERÍSTICAS DE CAMPO	OBSERVAÇÕES
ES-3	Estrada municipal Calçara-Vicente Dutra. Próximo do povoado Sinamon.	Arenito	Hematita e massa não identificada (71%); quartzo (15%); clorita (5%); plagioclásio An7 (5%); minerais opacos (4%); biotita (?) e muscovita (?) traços.	Material vermelho carne, afanítico, abundante vesículas, parecendo um riolito. No topo do derrame basáltico.	Rocha bastante alterada.
ES-4	BR-386 - Km 437,5	Arenito	Quartzo (70%); feldspato (10%); material argiloso (10%); óxido de ferro (8%); opacos (2%).	Nível descontínuo (30 - 50 cm poss.) entre 2 derrames basálticos e preenchendo juntas derrame inferior.	A matriz mostra recristalização moderada.
ES-20	Área-alvo Flor da Serra Topo derrame mineralizado (nº 4)	Arenito fino	Material não identificado (49%); hematita (e outros óxidos e hidróxidos de ferro (20%); minerais opacos (1%); carbonato (8%); quartzo (6%); muscovita(fengita) (3%); fragmentos de basalto (2%); zeolitas (2%) biotita(traços).	Na verdade trata-se de uma brecha vulcânica com fragmento de basalto amigdalóide. São os fragmentos de arenito foram analisados.	Possui amígdalas preenchidas por carbonatos.
ES-43	Área-alvo S. Judas Tadeu Topo derrame nº 9	Siltito	Quartzo; minerais argilosos; óxidos de ferro; biotita; clorita; sericita; epidoto-zoisita; turmalina; zircão; opacos; leucoxênio; zeolitas.	Siltito finamente estratificado, não silicificado em nível delgado (< 0,5 m) e descontínuo.	Rocha rica em material argiloso, revelando camadas distintas e impregnação de óxidos de ferro.
ES-44	BR-386 - Km 419,8 Topo derrame com ametistas	Arenito	Com fragmento de basalto-quartzo (25%); basalto hialino a hipo-hialino (70%); plagioclásio (2%); minerais opacos (2%); biotita (traços); material ferruginoso (1%). Sem fragmento de basalto-quartzo(50%); mat.ferruginoso(48%); minerais opacos (2%); plagioclásio (traços).	Amostra de horizonte relativamente espesso (+ de 1 m) de arenito fino, silicificado, localizado sobre o derrame portador dos depósitos de ametista. (fig. 11)	Rocha sedimentar clástica, sem contribuição química ou proclástica.
ES-48	BR-386 - Km 419,8 Topo derrame com ametistas	Arenito arcossiano conglomerático	Quartzo, feldspato, minerais argilosos, sílica criptocristalina, fragmentos de rocha (principalmente rocha vítroflora); óxido de ferro turmalina, anfibólio, zircão, opacos, granada, epidoto-zoisita, sericita, clorita.	Mesmo afloramento amostra anterior.	Arenito conglomerático com uma fração arenosa entremeada por sílica criptocristalina e material argiloso.
ES-63	BR-386 - Km 429	Arenito siltítico	Quartzo (52%); material não identificado (35%); mica branca (5%); celadonita (4%); minerais opacos (2%); piroxênio (1%); plagioclásio An7 (1%); zeolita (traços).	Arenito com níveis siltíticos, cor verde escura, caracteristicamente intercalado em basalto preto, muito fino, rico em vidro.	É um tipo inédito de ocorrência, não comparável com os arenitos intertrapps de origem eólica.
ES-11	Concórdia (Ten. Portela) próximo do Rio Turvo	Brecha vulcânica mista	Basalto-óxidos de ferro (48%); plagioclásio (34%); carbonatos (11%); vidro (7%); opacos (traços). Arenito - quartzo (86%); material argiloso (8%); feldspato (3%); óxidos de ferro (2%); opacos (1%); sericita (traços); carbonatos (traços).	Basalto cinza acastanhado, amigdalóide englobado por pedaços irregulares de arenito finamente estratificado.	A porção basáltica é amigdalóide. Amígdalas de carbonato e vidro. Porção sedimentar é um arenito muito fino (tamanho médio dos grãos: 0,08 mm.)
ES-16	Área-alvo Arroio Sociedade Topo derrame 2	Brecha vulcânica mista	Quartzo (30%); material limonítico (20%); material não identificado (40%); minerais opacos (7%); muscovita (2%); biotita (1%); zeolita (traços); piroxênio (traços); feldspato (traços).	Brecha vulcânica com fragmentos de basalto amigdalóide (amígdalas com carbonato) em um arcabouço arenítico de matriz limonítica.	Acamadamento gradacional com bandas finas e mais grosseiras. Os fragmentos de basalto amigdalóide não foram analisados.
B-14	SC-472, Km 27 trecho Iporã - Itapiranga.	Brecha vulcânica	Vidro pardo, laboradorita, zeolita, carbonato, fluorita, sílica microcristalina; arenito argiloso; quartzo, material argiloso, feldspato, biotita, sericita, turmalina, zircão.	Notável brecha vulcânica (6 - 7 m de possança e extensão regional) com fragm. bas. amigd. e de arenito.	Trata-se de uma rocha vulcânica, um hialobasalto amigdalóide com fragmentos de arenito argiloso fino homogêneo.

grosseiras.

Possuem comumente grandes extensões horizontais, da ordem de mais de uma dezena de quilômetros, e possanças variáveis desde 1 m até 7 m (foto 14). Constituem, por isso, bons guias na correlação estratigráfica entre derrames. Apresentam boas exposições em toda área do projeto.

As brechas mistas de maiores extensão e possança estão normalmente associadas aos derrames mais espessos. Não encontrou-se brechas vulcânicas de topo em derrames com possança inferior a 20 m. A possança medida de 7 m pertence a uma brecha mista associada ao topo de um derrame basáltico com possança inferida superior a 50 m (derrame nº 6, área de Santa Fé, Itapiranga).

Estas brechas vulcânicas mistas não tem similar descrito para outras províncias basálticas não orogênicas. Há quase uma impossibilidade de classificação para essas rochas segundo os critérios de origem, ambiente de *emplacement*, localização e rocha-tipo. Pela classificação de Fisher (1960), seriam catalogadas como brechas vulcânicas autoclásticas e, numa classificação mais específica, seriam brechas vulcânicas autoclásticas de explosão, segundo Wright e Bowes (1963).

(2) Brecha Vulcânica Basáltica - As brechas vulcânicas basálticas de topo de derrame são em tudo semelhantes às brechas mistas, com a diferença fundamental de não conterem fragmentos ou matriz de arenito síltico (foto 16). Possuem provavelmente a mesma origem das brechas mistas, faltando apenas a fonte sedimentar de fornecimento de areia solta ou de arenito já consolidado. Comparativamente, é o mesmo que ocorre com os arenitos *intertrapp*, muitas vezes ausentes entre dois derrames.

São mais raras que as brechas mistas ou são mais difíceis de identificar, uma vez que, sendo compostas essen

cialmente de basalto vesículo-amigdaloidal, são facilmente confundíveis com a zona vesículo-amigdaloidal que se localiza na mesma posição de topo dos derrames basálticos. Além disso, estão quase sempre intensamente intemperizadas, diferentemente das brechas mistas que formam um conjunto normalmente compacto e muito duro. Tem caracteristicamente um aspecto áspero, escoriáceo, predominantemente vesicular. Apresentam boas exposições entre o km 423 e o km 425 da BR-386, no trecho que liga Frederico Westphalen a Iraí (foto 16). Neste local, o nível brechado tem uma espessura da ordem de 10 m e apresenta alguns poucos fragmentos de arenito nos primeiros dois metros do topo.

Estão constituídas de fragmentos angulares a pobremente arredondados, a maioria de basalto vesicular e/ou amigdalóide e, em pequena quantidade (em geral menos de 30%), de basalto compacto. Os fragmentos possuem tamanhos variáveis, desde pouco milímetros até mais de metro, com um tamanho médio entre 15 e 20 cm. Os fragmentos menores ocupam os espaços vazios deixados pelos fragmentos maiores que são também parcialmente preenchidos por minerais secundários, principalmente zeolitas, carbonatos e quartzo. Estas características conferem às brechas basálticas razoável permeabilidade, credenciando-as como bons aquíferos subterrâneos, a exemplo do que ocorre no Havaí com as lavas "aa" (Macdonald, 1967).

As brechas basálticas de topo, à semelhança das brechas mistas, também não são comparáveis exatamente com qualquer tipo de brecha existente em outras províncias vulcânicas. Podem ser classificadas como brechas vulcânicas autoclásticas, mas tem uma origem em parte diferente da proposta por Fisher (1960) e Wright e Bowes (1963) para essas brechas, segundo a qual a fragmentação é produzida pelo movimento da própria lava no estado sólido ou semi-sólido. Macroscopicamente, são comparáveis às lavas "aa" de acordo com a classificação de Macdonald (1953), as quais constituem um

tipo de brecha vulcânica autoclástica, denominadas de brecha de fluxo por Fisher (1958). Segundo Macdonald (1967), as brechas "aa" são muito comuns em derrames basálticos continentais de platô, sendo sua origem atribuída ao movimento das lavas.

Brechas de Frente de Derrame

Algumas brechas, constituídas unicamente de fragmentos de basaltos, não estão ligadas exclusivamente ao topo de derrames basálticos. Nestas brechas basálticas a fase de fragmentação atingiu aparentemente toda a seção dos derrames. Tem pequena extensão lateral, da ordem de poucas centenas de metros, conforme observou-se próximo ao km 362 da BR-386, entre Sarandi e Seberi (fotos 19 e 20). Lateralmente, verifica-se uma gradação para um derrame normal, com uma diminuição crescente do fenômeno de brechação.

Na sua constituição aparecem fragmentos de basalto com grande variação de tamanho (desde poucos milímetros até mais de metro) e com notável variedade textural, com leve predomínio dos vesículo-amigdaloidais. Muitos raros fragmentos de arenitos aparecem também, caoticamente distribuídos no seio da brecha.

Ao contrário das brechas anteriormente descritas, esse tipo de brecha basáltica possui uma origem provável mais compatível com a definição de brecha vulcânica autoclástica (Fisher, 1960 e Wright e Bowes, 1963) e características semelhantes às daquelas das lavas tipo "aa", localmente gradacionais ao tipo *block* (Macdonald, 1953 e 1967).

Brechas de Dique

Este tipo foi descrito no item 3.3.3 desse relatório-

rio e refere-se aos diques de brecha ou diques de *pipe*. Tais brechas poderiam ser chamadas, segundo Fisher (1960), de brechas vulcânicas de intrusão (*volcanic intrusion breccia*) ou mais especificamente de brechas de fricção, e incluídas na classificação mais ampla de brechas vulcânicas autoclásticas.

3.5.3 - Atividade Explosiva e Mecanismo de Formação

Alguns autores (Leinz *et alii*, 1966 e Grehs e Vergara, 1968) sugerem que as brechas vulcânicas, consideradas de topo de derrame nesse trabalho, seriam na verdade aglomerados vulcânicos, resultantes da incorporação de material basáltico quebradiço e de areia inconsolidada pelo derrame posterior. Seriam, portanto, brechas de base de derrame e relacionadas geneticamente ao derrame superior. A seguir serão apresentadas algumas evidências de campo que comprovam exatamente o contrário:

- (1) a fragmentação ou brechação se dá exclusivamente na zona vesículo-amigdaloidal do derrame inferior, sem nenhuma participação da zona basal, não vesicular, de fraturamento horizontal do derrame superior (fotos 14 e 15);
- (2) a porção basal da brecha mista (com arenito) ou basáltica (sem arenito) mostra uma íntima relação com o derrame inferior, havendo uma nítida gradação da brecha para a zona vesículo-amigdaloidal. Diferentemente, o contato superior da brecha com o derrame sobrejacente é brusco, irregular, claramente descontínuo (fotos 14 e 15). A irregularidade do contato é atribuída à ação vulcânica responsável pela fragmentação;

- (3) características petrográficas (textura, granulação e cor) mostram que o parentesco dos basaltos amigdalóides de brechas mistas é com o derrame inferior; e
- (4) comprovação definitiva é dada em alguns afloramentos, nos quais observa-se uma intercalação de arenito siltico entre a brecha mista e o derrame posterior, evidenciando que houve tempo suficiente para deposição de um nível de arenito depois da fase de fragmentação e antes da corrida da lava superior (fotos 17 e 18).

No topo dos derrames, as brechas vulcânicas localizam-se mais precisamente na zona vesículo-amigdaloidal. São comumente raros os fragmentos de basalto compacto proveniente das zonas mais interiores das corridas de lava. Nos derrames mineralizados a ametista, a brechação não atinge sequer a zona microvesicular ("cascalho") que ocorre imediatamente abaixo da zona amigdalóide.

A ação de processos vulcânicos, explosivos ou não, na formação das brechas de topo é sugerida pelas seguintes observações de campo:

- (1) grande espessura do material brechado, atingindo valores comuns de 4 a 6 m e raramente até 10 m. Estas espessuras e as extensões quilométricas que apresentam as brechas são muito difíceis de explicar através da ação de processos geomórficos epigenéticos;
- (2) fragmentos quase sempre angulares, com arestas vivas e sem nenhuma seleção de tamanhos;
- (3) presença absoluta de vesículas, inclusive em boa parte dos fragmentos de arenito, e a asso-

ciação com aberturas fumarólicas do tipo respiradouro (*spiracles*), produzidas por erupção explosiva (fig. 12);

- (4) deslocamento ascendente de fragmentos de basalto compacto (até 10 cm de diâmetro) imersos em massa vesicular e deslocamento inverso de blocos (mais de 1 m de tamanho) de basalto, com estruturas originariamente horizontais, "caídos" por ação da gravidade para o interior da brecha; e
- (5) fragmentos de arenito contendo algumas vezes estratificação paralela e cruzada, indicando que a fragmentação e posterior mistura dos fragmentos de basalto e de arenito se deram após a formação dessas estruturas primárias.

Caracterizada a origem vulcânica das brechas de topo de derrames basálticos, resta a dificuldade em estabelecer um mecanismo de formação para esses tipos *sui generis* de rochas, sem similares em outras províncias basálticas. A origem proposta por Leinz (1949) e citada no item 3.5.1 desse relatório é bastante compatível com as observações de campo referidas anteriormente para essas brechas vulcânicas. Ela preconiza a ação de processos vulcânicos internos relacionados ao grande acúmulo de gases existente na porção superior dos derrames (de grande espessura), entre uma capa superficial já consolidada e uma zona central sólida ou semi-sólida, mas não gasosa. A fase de fragmentação da crosta superior pode ocorrer durante o movimento da lava basáltica, conforme apregoam alguns autores para brechas basálticas autoclásticas geradas por agentes vulcânicos internos. Nesta categoria se encaixariam as brechas basálticas de frente de derrame, certamente produzidas durante a movimentação da lava. No caso das brechas mistas de topo de derrame, nas quais há incorporação de fragmentos angulares de arenitos, às ve-

zes até com estruturas primárias de estratificação, a fragmentação da crosta vesicular superior e do material sedimentar acima depositado deve ter ocorrido após a cessação completa do movimento (fluxo horizontal) do derrame. Há evidências inclusive, localmente em alguns derrames, de que o rompimento da crosta superior e a ejeção de material semi-sólido se deram após ao emplacamento de um derrame subsequente. Neste caso, o rompimento com ação possivelmente explosiva provoca deformação física e térmica na lava da base do derrame superior (ver "Fumarolas", item 3.3.3 desse relatório).

O fator espessura total do derrame e especialmente da zona vesicular, onde originariamente se localizaramos gases responsáveis pela brechação, parece fundamental na formação das brechas de topo, mas não é indispensável. Quanto maior a possança dos derrames possivelmente maior será a zona superior de acúmulo de gases e, conseqüentemente, maiores as possibilidades de formação de brechas vulcânicas. A brecha mista, ilustrada na foto 14, possui uma espessura variável entre 5 a 7 m e localiza-se no topo de um derrame basáltico (nº 6 da folha de Mondaí) que tem uma possança superior a 50 m. O conjunto brecha e zona vesículo-amigdaloidal desse derrame tem uma possança estimada entre 15 e 20 m. Diversamente, verificou-se na área do projeto a ausência ou o desenvolvimento apenas local de brechação em alguns derrames relativamente espessos, como é o caso do derrame nº 4 da folha Itapiranga que possui uma espessura superior a 40 m e brechação apenas superficial a inexistente.

3.6 - SHEETS BÁSICOS DIFERENCIADOS

3.6.1 - Características e Relações de Campo

Na seqüência relativamente monótona de derrames ba-

sálticos, algumas vezes com brechação vulcânica na porção superior e intercalações delgadas de arenitos *intertrapp*, os aqui denominados *sheets* básicos diferenciados constituem uma feição geológica inédita neste ambiente da Bacia do Paraná, embora essa classificação seja duvidosa.

Tais rochas aparecem nas porções mais inferiores da sucessão de derrames basálticos da área de São Judas Tadeu (anexo XIX) e da área que circunda a cidade de Iraí, quase no nível do rio Uruguai (fotos 21 e 22) (fig. 11). Comportam-se como corpos tabulares, sub-horizontalizados, com características de campo e texturais não suficientemente claras quanto ao caráter extrusivo ou intrusivo. O aspecto tabular sub-horizontalizado e a associação íntima com derrames basálticos indicam uma natureza extrusiva. Por outro lado, são mais numerosas e eloqüentes as evidências de um caráter intrusivo, tais como:

- (1) ausência de estruturas características de derrames basálticos, como zona vesicular de topo, zonas de fraturamento horizontal e de fraturamento vertical (fotos 21 e 22);
- (2) a presença de vesículas, embora seja um caráter predominantemente efusivo, ocorre formando níveis horizontalizados em quase toda a seção desses corpos, o que segundo Walker (1953) é uma característica de diferenciação magmática em corpos intrusivos. A propósito, vesículas e amígdalas foram descritas por Wernick e Landim (1966) em um diabásio amigdaloidal de Rio Claro (SP);
- (3) textura microfanerítica, plutônica, com granulação predominantemente média; em lâmina, é intergranular, não porfirítica e caracteristicamente subofítica como ocorre com os diabásios;

- (4) diferenciação ácida na parte superior, representada por granófiros de composição provavelmente dacítica (amostras ES-64 e 67);
- (5) diferenciação pegmatítica evidenciada por "veios" pegmatíticos e textura glomeroporfírica (fotomicrografias 5 e 6); e
- (6) pseudo-estratificação plano-paralela, ilustrada na foto 21.

As relações de campo também não são suficientemente claras para definir o comportamento espacial dessas rochas. Além do aspecto plano-horizontal do contato superior, não foi possível realizar outras observações. A base ou raízes desses corpos localizam-se provavelmente abaixo do nível do rio Uruguai. Além disso, na área de São Judas Tadeu, os afloramentos são esporádicos e pequenos, ao longo do arroio Braguinha. Nas proximidades de Iraí, as exposições são melhores, embora os contatos superiores estejam quase sempre encobertos. Em um afloramento, no km 429 da BR-236, um derrame delgado (menos de 10 m de espessura) de basalto preto, hipocristalino a vítreo e com intercalações centimétricas de arenito verde-escuro cobre uma porção limitada (menor de 500 m) deste corpo basáltico com características hipabisais ou plutônicas.

Saliente-se ainda dois aspectos interessantes relacionados a essas rochas:

- (1) a parte superior aflora na área de São Judas Tadeu e Iraí praticamente na mesma cota (respectivamente 260 e 250 m), havendo uma distância em linha reta entre esses dois locais superior a 25 km; e

- (2) existência de falhamentos notáveis na área próxima à cidade de Iraí (nos quais encaixam-se os rios da Várzea e Uruguai), truncando a continuidade lateral do *sheet* básico em alguns locais.

3.6.2 - Petrografia e Petroquímica

Em linhas gerais, a composição petrográfica e química dos supostos *sheets* básicos é equivalente à dos derrames basálticos. Petrograficamente, são basaltos toleíticos nas amostras provenientes das partes mais internas do corpo (CK-3, ES-24 e ES-45), ou melhor, diabásios, de acordo com a textura microfanerítica, intergranular e subofítica. Nas partes mais superiores, com elevado conteúdo em amígdalas, aparecem diferenciados granofíricos (ES-64 e 67), com composição mais ácida, provavelmente até dacitos (toleíticos).

A mineralogia dos termos básicos do *sheet* é equivalente à dos basaltos de derrames, com duas pequenas diferenças:

- (1) a razão plagioclásio/clinopiroxênio é muito alta, em torno de 2, evidenciando uma composição química com tendência a aluminosa. Essa razão para os basaltos de derrame mostrou-se quase sempre inferior a 1,5; e uma
- (2) quantidade relativamente mais alta em quartzo e feldspato alcalino sob a forma de intercrescimentos micrográficos.

Nos diferenciados ácidos da porção mais superior dos *sheets*, além da presença generalizada de amígdalas, a característica fundamental é o elevado conteúdo de quartzo e feldspato alcalino sob a forma principalmente de intercres-

cimentos micrográficos, com uma percentagem estimada de 26% na amostra ES-64 e 23% na ES-67. Localmente, o quartzo e o feldspato alcalino podem se individualizar, com o quartzo atingindo até 0,1 mm de tamanho.

A análise química (óxidos fundamentais) de uma amostra proveniente da parte mais interna do *sheet* (CG-11), classificada petrograficamente como basalto ou diabásio (ES-45), mostrou evidentemente uma composição basáltica (49,3% de SiO_2), com algumas diferenças em relação às amostras de basaltos de derrames (tabela II), a saber:

- (1) valores relativamente mais altos de Al_2O_3 , TiO_2 , Na_2O , K_2O e de P_2O_5 ; principalmente TiO_2 e K_2O são quase 50% mais elevados que os teores correspondentes dos basaltos de derrames; e
- (2) valores relativamente mais baixos de CaO e principalmente de MgO .

A propósito, valores relativamente altos de TiO_2 , K_2O e Fe_2O_3 e relativamente baixos de CaO e MgO são característicos de *sheets* básicos diferenciados quando comparáveis com basaltos de platô (Walker, 1953).

A respeito do ferro total, o teor da amostra do *sheet* em questão revelou-se da mesma ordem que aqueles obtidos para os basaltos de derrame da área do projeto (14,1%), mas bem mais altos que os valores de ferro total, já considerados elevados (Walker, 1953), de alguns corpos intrusivos de composição básica de outras províncias basálticas do mundo, conforme diagrama AFM da figura 20 a seguir.

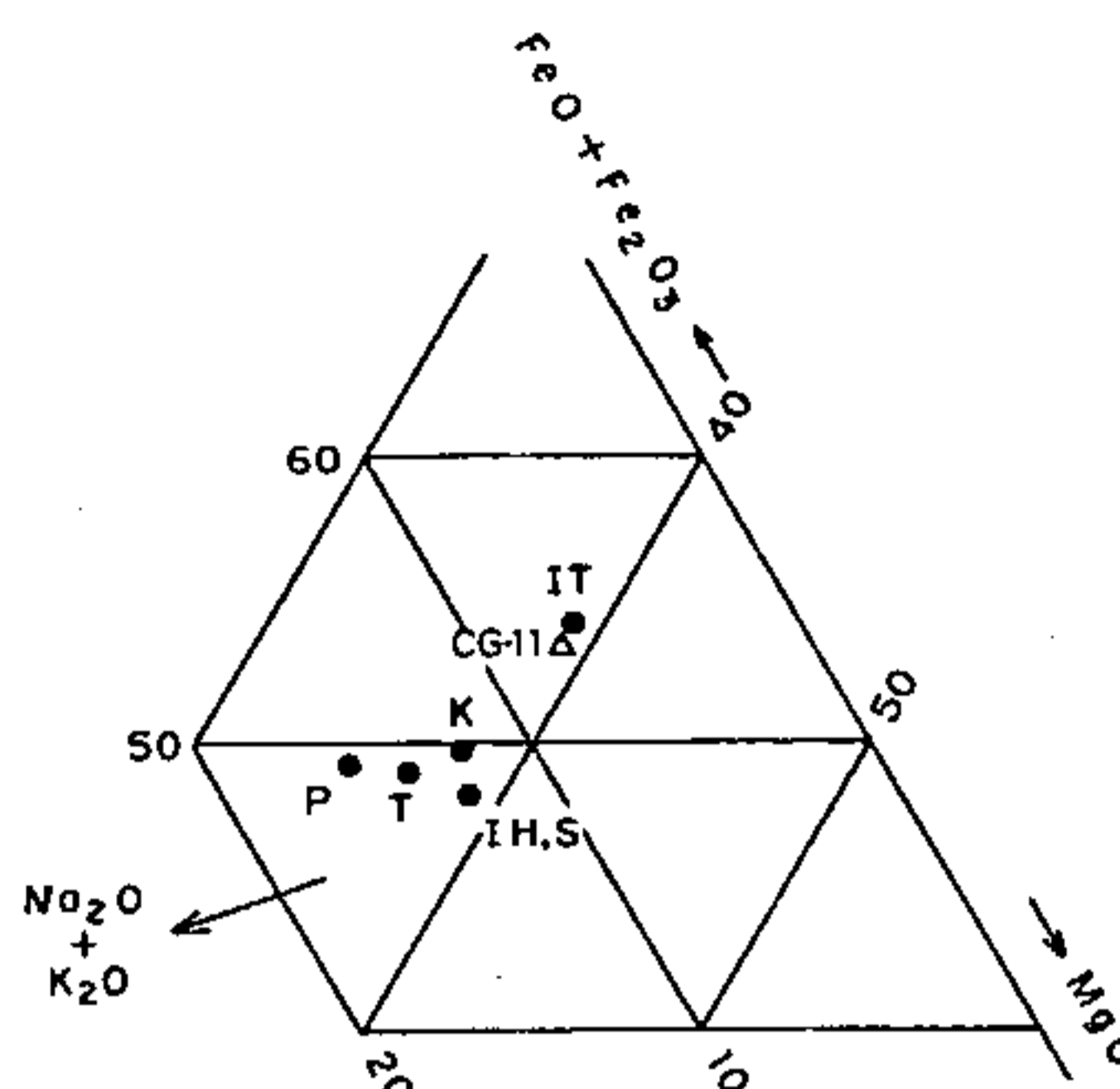


Fig. 20 - Diagrama AFM com valores médios obtidos de Kuno (1967) para corpos básicos intrusivos. CG-11, *sheet* básico da área do Proj. Cobre em Itapiranga; P, *sill* Palisade; T, *sills* de diabásio da Tasmânia; K, *sills* de diabásio do Karroo; IT, toleíto Izu-Hakone (Japão); IH, basalto hiper-aluminoso Izu-Hakone; S, intrusão de Skaergaard.

Os termos granofíricos das porções mais superiores não foram analisados quimicamente, mas devem estar enriquecidos ainda mais em SiO₂, álcalis e ferro e empobrecidos em MgO e CaO (Hyndmann, 1972).

3.6.3 - Diferenciação Ácida e Pegmatítica

A parte superior do *sheet*s básicos apresenta evidências petrográficas de um enriquecimento nos produtos tardios da diferenciação magmática de um magma basáltico original, principalmente sob a forma de quartzo e feldspato alcalino. Rochas semelhantes ocorrem nas porções marginais superiores de gabros estratiformes (tipo *Skaergaard*, Groenlândia) e de *sills* ou *sheet*s de diabásio, como produtos de diferenciação magmática *in situ* e são, por consenso geral, denominadas de granófiros (Hyndmann, 1972).

É muito difícil admitir uma diferenciação *in situ* de derrames basálticos, originando um enriquecimento tão pronunciado nos resíduos finais da petrogênese, como ocorrenas partes mais superiores dos corpos ora em questão. Uma diferenciação a partir de lavas basálticas até termos provavelmente dacíticos (percentagem estimada de quartzo + feldspato alcalino entre 20 e 30%) exigiria certamente possanças bem maiores que aquelas verificadas para os derrames basálticos da área em estudo. O fator possança na diferenciação é referido por Frankel (1967), segundo o qual a espessura dos *sheets* ou *sills* básicos com diferenciação varia desde aproximadamente 300 m (*sill* de Palisade, New York) até cerca de 1.000 m nas intrusões de soleira.

O fator possança (que exclui a possibilidade de serem derrames), juntamente com a presença comum de pseudo-estratificação e principalmente a diferenciação ácida das porções superiores desses corpos tabulares conferem ao conjunto um caráter predominantemente intrusivo. Por essas razões, adotou-se a denominação *sheet*, mais adequada para corpos tabulares que mostram estratificação (Frankel, 1967), com diferenciação ácida e/ou pegmatítica (Walker, 1953). Seriam possivelmente *sheets* intraformacionais, "emplaçados" por injeções de sola ao longo de planos de empurrão (Frankel, 1967).

Durante o *emplacement* dos *sheets* básicos pode ocorrer uma remobilização de alguns minerais da rocha hospedeira para o interior do corpo ígneo, comportando-se como pequenas intrusões (intrusões reomórficas) sob a forma de veios, diques, etc., com elevado teor em álcalis e alumina. Tais estruturas são comuns nos *sheets* básicos da área em foco (fotos 21 e 22) e mostram evidências de fraco metamorfismo de contato nas paredes da rocha encaixante. Aparecem também sob a forma de diques pegmatíticos, caracterizados principalmente pela granulação mais grosseira (textura glomero-porfirítica, fotomicrografia 6) e por intercrescimentos micrográficos generalizados (fotomicrografia 4). (Ver veios

pegmatíticos, item 3.3.3 desse relatório). São considerados por Walker (1953) como evidências de diferenciação a partir de magma básico e corresponderiam à fase pegmatítica de lavas basálticas. A propósito, Kuno (1967) refere-se a *schlierens* de vários milímetros até alguns centímetros de espessura em derrames basálticos, formados por segregação no último estágio de cristalização do magma após sua extrusão.

De acordo com Chadwick (1958), os corpos pegmatíticos dos *sheets* básicos pertenceriam ao grupo originado de segregação residual por derivação local de fluídos remanescentes de um corpo magmático mais amplo. O *emplacement* seria passivo, sem deslocamento, em aberturas formadas antes ou durante o ingresso do material pegmatítico.

3.7 - DERRAMES RIODACÍTICOS

Os derrames riodacíticos da Formação Serra Geral não aparecem na área do Projeto Cobre em Itapiranga, mesmo nas porções mais elevadas, com cotas superiores a 600 m. De fora dessa área coletou-se 12 amostras dos derrames riodacíticos para análises petrográficas e geoquímicas, sendo 10 do Rio Grande do Sul (BR-386, entre o km 140 e o 227,5), 1 de Santa Catarina (BR-382, próximo a Ponte Serrada) e 1 do Paraná (sem localização precisa) com veios de pirita e calcopirita (tabela XIV). Para 6 dessas amostras (RS) efetuou-se, por iniciativa do LAMIN (geóloga Jane da Silva Araújo), análise química (óxidos fundamentais) e, a partir dos dados químicos, o cálculo da norma catiônica (tabela VI), tendo em vista a impossibilidade de uma classificação petrográfica segura para tais rochas com base unicamente nas descrições de lâminas. A seguir são apresentados sucintamente todos esses dados petrográficos e de composição química.

3.7.1 - Petrografia Simplificada

Os derrames riódacíticos e vitrofíricos possuem em geral cores claras, com tonalidades entre cinza e castanho, e granulação muito fina, impossibilitando a individualização dos componentes minerais ao exame mesoscópico. As amostras de mão apresentam ainda aspecto cortante e fratura conchoidal (nos vitrofíros), frequente presença de vesículas preenchidas por quartzo vítreo e esmectita (identificada por raios-X) e raramente fino bandeamento, determinado por bandas de granulação diferente.

Em lâmina, as lavas riódacíticas estão constituídas predominantemente por uma matriz muito fina com características variáveis, na qual se destacam microfenocristais de plagioclásio (andesina e oligoclásio), piroxênio (augita), opacos e, às vezes, feldspato potássico e quartzo. A matriz pode ser essencialmente vítrea nos termos vitrofíricos, com típicas formas de desvitrificação (micrólitos) e material criptocristalino; pode estar formada também por uma massa de material vítreo, parcialmente desvitrificado em feldspato potássico, individualizado através do microteste de coloração. Nos tipos microcristalinos, a matriz está constituída principalmente de intercrescimentos micrográficos de quartzo e feldspato potássico, contendo ainda vidro, mas em menores quantidades.

Em resumo, as lavas riódacíticas da porção superior da Formação Serra Geral são rochas de granulação muito fina a afaníticas, formadas de uma mesóstasis vítrea ou desvitrificada em feldspato potássico e quartzo, esses às vezes bem distintos, na qual salientam-se ripas de andesina, prismas de augita e grãos disseminados de minerais opacos. Também foram identificados prismas de hornblenda parda (B-7), pequenas agulhas de apatita (ES-50) e material argiloso como produto de alteração dos plagioclásios e piroxênios.

3.7.2 - Composição Química

A tabela VI da folha seguinte apresenta os resultados das análises dos óxidos fundamentais e da norma catiônica de 6 amostras de riódacitos coletadas ao longo da BR-386, entre o km 140 e o 227,5, e indicadas na figura 23. Os dados químicos alinhados nessa tabela permitem as seguintes observações e comparações:

- (1) os valores de SiO_2 são maiores que 66%, correspondendo à faixa de composição dos dacitos e riólitos, com exceção do valor 64,5% (ES-52), incluído na faixa de variação dos islanditos;
- (2) são baixos os teores de TiO_2 , ferro total, CaO , MgO e MnO e altos os teores de SiO_2 e K_2O , quando comparados com os valores correspondentes das rochas basálticas da área do projeto (tabela II), atestando a natureza diferenciada, mais evoluída, das lavas riódacíticas; e
- (3) os valores de Al_2O_3 e Na_2O são bastante similares aos valores correspondentes dos basaltos estudados.

Para a classificação das amostras analisadas quimicamente utilizou-se o diagrama QAP de Streckeisen (1976) (fig. 21), verificando-se que as mesmas situam-se no campo dos riódacitos com tendência para riólitos. Já o uso do diagrama AFM (fig. 22) para essas rochas, juntamente com os basaltos da área do projeto, evidencia um notável contraste na composição química de riódacitos e basaltos, com a ausência absoluta de termos intermediários entre esses dois grupos extremos de rochas menos diferenciadas e rochas mais evoluídas. Essa evidência indica que os líquidos magmáticos estavam sensivelmente modificados por processos normais de diferenciação magmática ou de contaminação quando emergiram à

TABELA - VI

TABELA- VI - COMPOSIÇÃO QUÍMICA (ÓXIDOS FUNDAMENTAIS) E NORMA CATIONICA DE DIFERENCIADOS ÁCIDOS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL.						
	ES-50	ES-51	ES-52	ES-53	ES-54	ES-55
SiO ₂	66,0	69,4	64,5	70,8	68,8	69,0
Al ₂ O ₃	14,6	12,8	13,5	12,7	13,8	13,9
Fe ₂ O ₃	3,68	4,02	3,33	3,89	4,32	3,68
Fe O	2,17	0,44	0,72	0,50	0,50	0,56
Mn O	0,09	0,05	0,11	0,06	0,07	0,05
Mg O	0,03	0,04	0,14	0,14	0,07	0,12
Ca O	3,27	1,67	2,09	0,74	0,41	1,30
Na ₂ O	2,77	2,28	1,84	1,74	1,34	2,29
K ₂ O	4,80	5,64	4,39	6,79	5,31	5,38
TiO ₂	0,93	0,64	0,67	0,61	0,72	0,59
P ₂ O ₅	0,26	0,18	0,19	0,17	0,06	0,16
H ₂ O	0,67	1,45	4,09	0,64	1,88	1,21
Total	99,27	98,61	95,57	98,78	97,28	98,24

Q	23,50	30,83	33,71	32,68	40,18	31,92
or	29,45	35,25	29,20	42,10	34,10	33,60
ab	25,85	21,65	18,60	16,40	13,05	21,75
an	13,77	7,50	11,65	2,70	1,80	5,70
Co	-	0,41	2,37	1,72	6,19	2,71
Px	2,76	0,12	0,44	0,44	0,20	0,34
mt	-	-	0,63	-	-	-
iL	1,34	0,80	1,04	0,88	0,96	0,86
hm	2,66	2,96	2,19	2,81	3,27	2,78
ap	0,56	0,40	0,45	0,37	0,13	0,35
Total	99,89	99,92	100,28	100,06	99,88	100,01

Nº da amostra, Classificação e Procedência.

ES-50 - Hialoriodacito da base da seqüência ácida da borda sul do planalto. Pouso Novo. BR-386, Km 140.

ES-51 - Riolito bandeado formado por uma massa de vidro e feldspato potássico com pequenas ripas de plagioclásio. BR-386, Km 154.

ES-52 - Quartzolátito(delenito) amigdalóide (amígdalas de esmectita). Rocha encaixante dos depósitos de ametista de Gramado São Pedro, Fontoura Xavier.

ES-53 - Riolito com base vítrea, pontilhado de amígdalas de quartzo. Base do derrame sobrejacente ao derrame com ametistas de Fontoura Xavier.

ES-54 - Riolito constituído de uma massa de intercrescimento micrográfico entre quartzo e feldspato potássico e ripas de plagioclásio. Soledade, BR-386, Km 216.

ES-55 - Riolito com base vítrea intercrescida com feldspato potássico e pequenas ripas de andesina. BR-386, Km 227,5.

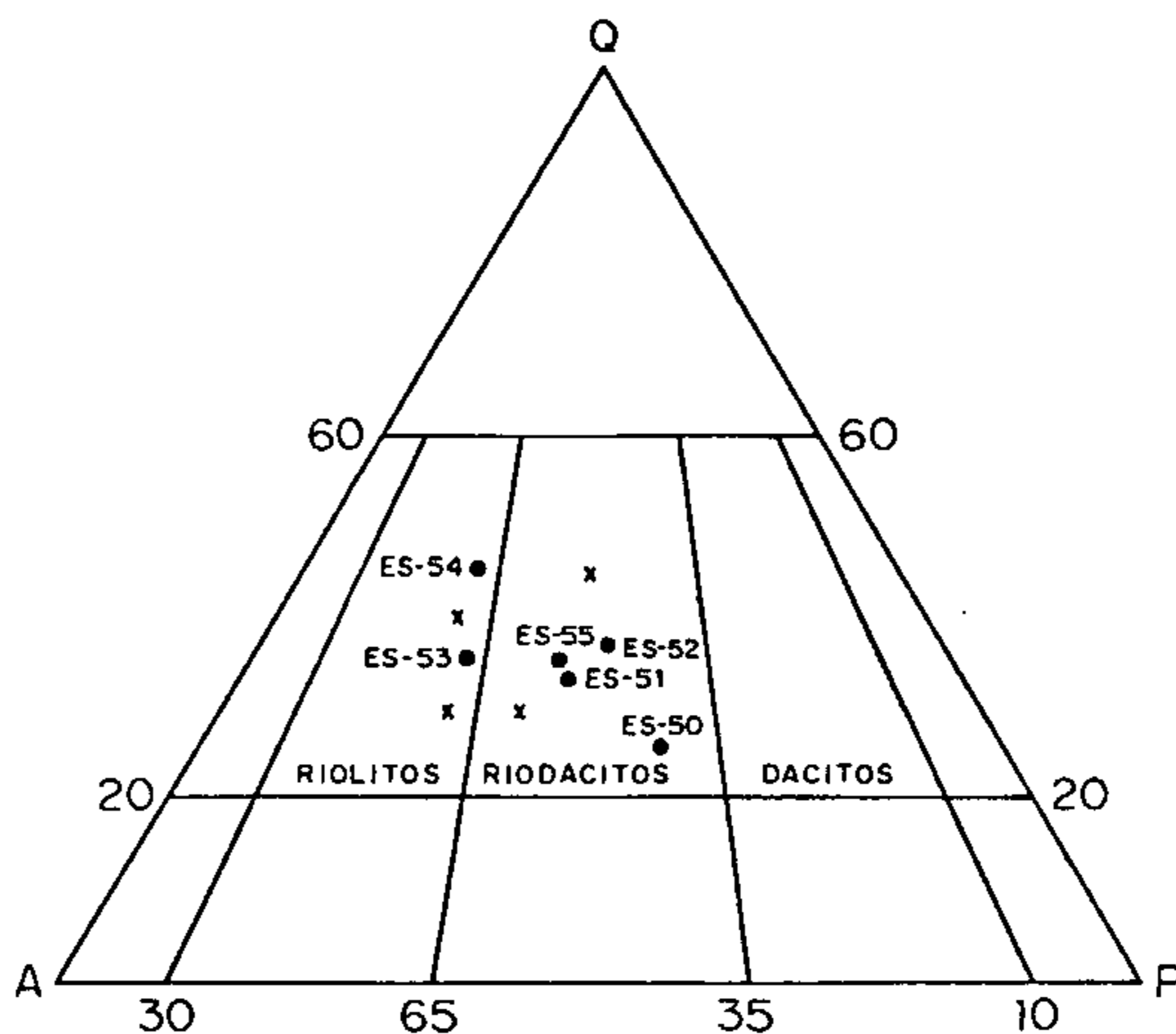


Fig. 21 - Diagrama QAP de Streckeisen (1976) para classificação das rochas vulcânicas ácidas.

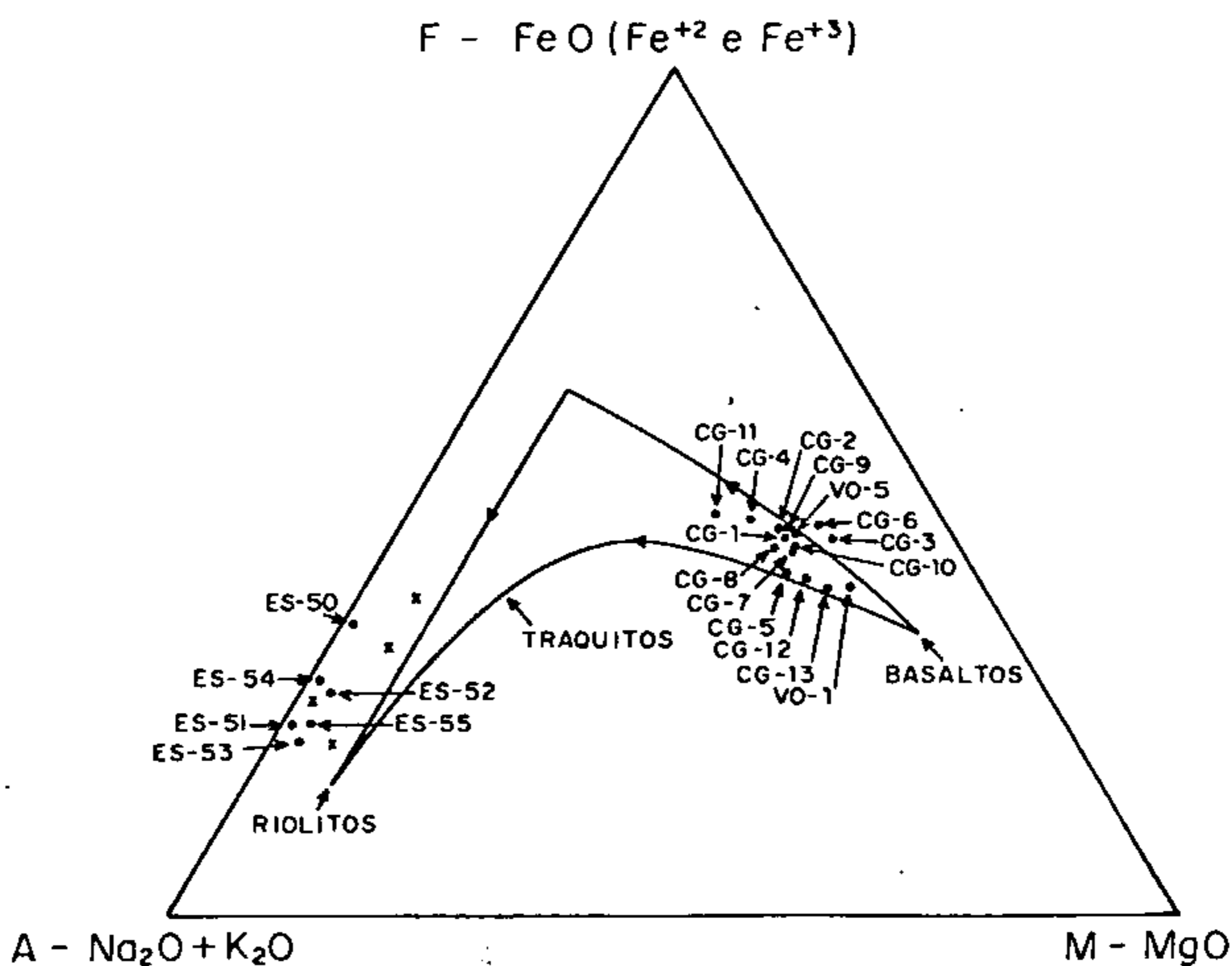


Fig. 22 - Diagrama AFM para os basaltos da área do Projeto Cobre em Itapiranga e riolitos da seqüência ácida do RS (BR-386).

superfície e produziram os derrames riódacíticos (Rüegg, 1975).

3.7.3 - A Questão da Nomenclatura

A questão da nomenclatura dos diferenciados ácidos da Formação Serra Geral já foi abordada por Szubert *et alii* (1978) e tem gerado muitas controvérsias. Para designar tais rochas foram usados os termos hialodacitos (Leinz, 1949), leidleitos (Guimarães, *in* Leinz, *op. cit.*), basaltos silicificados (Schneider, 1968) e granófiros (Sartori *et alii*, 1976). No presente projeto vários nomes foram usados por petrógrafos diferentes, tais como: islandito a dacito (Léo A. Hartmann), vitrófiro dacitóide (Evaldo Osório Ferreira), quartzo-pórfito (Lúcia Maria da Vinha), riolito, hialoriódacito ou leidleito e delenito ou quartzo-latito (Jane Silva Araújo) (tabela VII a seguir e tabela XXI do anexo I). Esta grande variedade de nomes para as lavas ácidas decorre da dificuldade de classificação com base em critérios petrográficos, em razão da textura muito fina a vítrea que normalmente apresentam tais rochas. O termo granófiro, sugerido para suprir essa dificuldade em razão da presença constante de intercrescimentos micrográficos de quartzo e feldspatos alcalinos nessas rochas, tem um caráter essencialmente textural, além de ser muito genérico, uma vez que a textura granofírica pode estar presente em vulcanitos de composição desde riolítica até basáltica.

O uso de nomes antigos (delenito e leidleitos) ou a adoção de nomes especiais (islandito e granófiro) não parece necessário para classificar a quase totalidade dos diferenciados ácidos, de composição comprovadamente riódacítica (figuras 21 e 22). Para essas rochas, com teores de SiO₂ acima de 66% e com características petrográficas macro e microscópicas já suficientemente conhecidas, devem ser usados os termos riolito e dacito ou a classificação mais abrangente de riódacito. Para os tipos intermediários, com

teores de SiO_2 entre 52 e 66%, muito raros e pouco conhecidos na província vulcânica mesozóica da Bacia do Paraná, poderá ser usado a denominação islandito, proposta por Carmichael (1964) e adotada por Miyashiro (1973) e Middlemost (1975) para rochas com essa faixa de variação de SiO_2 associadas aos derrames basálticos toleíticos de platô.

TABELA- VII CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DE VULCANITOS LOCALIZADOS FORA DA ÁREA DO PROJETO

Nº AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO	MINERALOGIA	TEXTURA PRINCIPAL	OUTRAS TEXTURAS	OBSERVAÇÕES
ES-50	BR-386 Km 140	Hialoriodacito (feldite)	Andesina, feldspato potássico, vidro, quartzo, augita, opacos, material argiloso, apatita.	Porfirítica	Micrográfica	Rocha castanho médio, granulação fina. Base da seqüência ácida.
ES-42	BR-386 Km 141	Vitrófiro dacitóide(?)	Plagioclásio, quartzo, material vítreo, opacos, epidoto-zoisita, blotita, anfibólio, clorita, óxido de ferro, minerais argilosos, leucoxênio.	Afanítica	Hialofítica Porfirítica	Massa dominante de material vítreo a criptocristalino pardacento. Raras amígdalas.
ES-51	BR-386 Km 154	Riolito	Base vítrea, feldspato potássico, oligoclásio, opacos, material argiloso.	Micrográfica	Afanítica	Rocha bandeada, granulação fina, disseminações metálicas. Nlv. vitrófiros.
CK-4A	Pouso Novo	Dacito a Islandito	Quartzo + feldspato alcalino(43%); plagioclásio An ₅₅ (30%); augita(15%); minerais opacos (2%) vidro(10%).	Equigranular	Micrográfica	Cor cinza com pontuações brancas (carijó). O teor de sílica livre é elevado.
ES-49	Fontoura Xavier	Vitrófiro dacitóide	Material vítreo, feldspato (plagioclásio), sílica criptocristalina, material argiloso, óxidos de ferro, piroxênio, anfibólio, epidoto-zoisita, opacos.	Hialofítica	Hicrolítica	Rocha com uma matriz vítrea dominante. É a encaixante das ametistas das regiões.
ES-52	Gramado São Pedro-Fontoura Xavier	Delenito (quartzolático)	Vidro pardo, oligoclásio, feldspato potássico, opacos, óxido de ferro, material argil.(esmeclita).	Micrográfica	Amigdalóide	Frequentes amígdalas preenchidas por material argil. esverdeado (esmeclita).
ES-53	Fontoura Xavier	Riolito	Base vítrea marron, feldspato potássico, plagioclásio, quartzo, opacos, apatita.	Esferulítica	Micrográfica Porfirítica	Granulação finíssima pontilhada de amígdalas com quartzo.
CK-2A	Soledade	Basalto toleítico	Labradorita An ₅₇ (20%); augita(20%); hiperstênio (2%); minerais opacos(2%); vidro(55%); xenólitos de quartzitos(1%); hematita(traços).	Hipocristalina	Glomeroporfirítica microvesicular	A matriz tem estrutura de fluxo, com os prismas de labradorita e augita paralelas.
CK-1A	Estrada Sobradinho-Soledade - Km 3	Islandito a dacito	Vidro(25%); quartzo+feldspato alcalino(38%); plagioclásio(An ₇)(30%) minerais opacos(7%); augita (traços).	Hipocristalina	Micrográfica	A presença de quartzo comprova a afinidade toleítica da rocha.
ES-54	BR-386 Km 216	Riolito	Quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, material argiloso, opacos.	Micrográfica	Porfirítica	Camadas com concentração de poeira opaca, ripas de plagioclásio e opacos lembrando orientação de fluxo.
ES-55	BR-386 Km 227,5	Riolito	Feldspato potássico, vidro pardo, andesina, quartzo, opacos, óxido de ferro, material argiloso, apatita.	Hialofítica	Micrográfica	Massa vítrea pardacenta pela presença de óxido de ferro.
CK-6A	BR-386 Km 230	Basalto hipocristalino	Vidro(88%); plagioclásio An ₅₅ (10%); minerais opacos(2%); clorita(traços).	Hipocristalina	Vesicular	Contém quartzo em potencial no vidro.
CK-9A	BR-386 Km 273,7	Basalto	Labradorita An ₅₃ (55%); augita(43%); minerais opacos(2%); hematita(traços); clorita(traços).	Porfirítica	Intergranular Amigdalóide	As condições rápidas de esfriamento condicionaram a persistência da forte zonação do plagioclásio.
CK-10A	BR-386 Km 313	Basalto	Labradorita An ₅₇ (50%); augita(41%); clorita (5%); minerais opacos(4%); hematita(traços); quartzo (traços).	Hipidomórfica granular	Porfirítica	Inicialmente cristalizaram a labradorita, a augita, e os minerais opacos.
ES-14s	Paraná sem localização precisa	Islandito a dacito	Carbonato(50%) e Islandito(50%); Plagioclásio An ₅₅ (42%); quartzo + feldspato alcalino + vidro(30%); minerais opacos(15%); augita(2%); alteração de augita(?) (10%); zeolita(1%).	Granular	Micrográfica Porfirítica	Carbonatos em amígdalas e em fraturas. Com indícios de pirita e calcopirita.
B-7	BR-282, trecho Cantanduvras - Ponte Serrada a 16 Km desta	Quartzopórfiro	Feldspato potássico, quartzo, andesina, hornblenda parda, opacos, augita, clorita, óxido de ferro, opala, apatita.	Micrográfica	Porfirítica Amigdalóide	Base fundamental micrográfica entre quartzo e feldsp.potássico e raros prismas de hornblenda parda; amígdalas preenchidas por opala e clorita.

3.8 - PETROGÊNESE DAS ROCHAS VULCÂNICAS MESOZÓICAS

3.8.1 - Mecanismos Responsáveis pelo Contraste entre Basaltos e Riodacitos

O estudo da composição química e mineralógica das rochas vulcânicas mesozóicas da Bacia do Paraná mostra sobretudo três características básicas:

- (1) variação composicional muito pequena entre os derrames basálticos, embora o grande volume dessas rochas;
- (2) ausência ou escassez de termos vulcânicos de composição intermediária (islanditos) (fig. 22); e
- (3) lavas riodacíticas em menor proporção relativa, assentadas sobre os derrames basálticos, interrompendo abruptamente o vulcanismo fissural básico.

Diante do exposto, resultam de imediato dois aspectos fundamentais relacionados à petrogênese dessas rochas. O primeiro refere-se à unanimidade dos autores em considerar as seqüências inferiores de derrames basálticos como produtos de vulcanismo fissural; ligado diretamente às atividades magmáticas do manto superior. O segundo aspecto consiste na grande dificuldade em caracterizar os mecanismos responsáveis pelo acentuado contraste composicional entre derrames basálticos e riodacíticos.

Outras províncias basálticas, como a do Deccan (área de Bombay, Índia), as lavas *Keweenaw* do Distrito Cuprífero de Michigan (Cornwall, 1951) e outras citadas por Sukheswala e Poldervaart (1958), mostram repetidos ciclos

de vulcanismo basáltico e riolítico, com lavas intermediárias escassas ou ausentes. Segundo esses autores, a tendência geral tem sido a de atribuir essa diversidade composicional ao processo de cristalização fracionada, por ser um mecanismo bem conhecido dentro da diferenciação magmática, admitindo, entretanto, que um simples processo seria incapaz de responder a todas as questões geológicas pertinentes.

Objetivamente, pode se afirmar que a origem das rochas ácidas em algum lugar está ligada intimamente com a intrusão ascendente do magma básico no interior da sucessão vulcânica. Embora não se conheça a natureza desse relacionamento, duas possibilidades podem ser aventadas para explicar o contraste abrupto entre basaltos e riodacitos:

- (1) modificações de um mesmo magma basáltico original; e
- (2) fusão em condições diferentes no manto superior.

As modificações de um mesmo magma basáltico original ocorreriam durante a ascensão magmática através de processos de cristalização fracionada ou por contaminação de material siálico. Esta possibilidade, entretanto, não explica satisfatoriamente o contraste entre basaltos e riolitos e a ausência ou escassez de termos intermediários que deveriam estar presentes de modo destacado numa seqüência normalmente diferenciada. Carmichael (1964) acrescenta um outro fator limitante na derivação hipotética de um líquido ácido por cristalização fracionada de um magma basáltico parental. De acordo com esse autor, cálculos de laboratório mostram que um fracionamento extremo e completo produz 12% de material ácido a partir de um parental básico toleítico e 7% a partir de um toleito a olivina. Com base nesses dados, o volume da seqüência de lavas riodacíticas, dentro dos limites geológicos arbitrários da porção meridional do planalto sul-

riograndense, por exemplo, é excessivo para um conjunto diferenciado ácido produzido por extremo fracionamento de um magma básico original.

A hipótese de fusão em condições diferenciais no manto superior possui maiores chances de explicação para a diversidade de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, conforme já preconizado por Léo Hartmann (*in* Szubert *et alii*, 1978). Seria necessário apenas postular as condições especiais de geração dos tipos diferentes de magmas que deram origem aos litótipos contrastantes dessa formação. Os evidentes sinais de diferenciação magmática apresentados por cada uma das seqüências vulcânicas da Formação Serra Geral seriam resultantes de modificações, em escala menor, produzidas nos magmas individuais por cristalização fracionada ou por contaminação de material félsico da crosta continental durante sua ascensão até a superfície.

Middlemost (1975) assinala que processos especiais de geração de magmas primários ricos em potássio, dos quais resultam riolitos associados às séries basálticos, se desenvolvem em áreas de subducção. Nestas áreas, "blocos refratários de eclogitos são 'afundados' em direção ao manto, gerando assim um fluxo compensatório ascendente de componentes voláteis que estão no interior do manto".

Uma terceira hipótese alternativa para origem das rochas vulcânicas félsicas é proposta por alguns autores (Carmichael, 1964, Middlemost, 1975), segundo a qual tais rochas resultariam de fusões parciais de material siálico da crosta continental. Neste caso haveriam duas câmaras magmáticas independentes, uma localizada no manto superior, da qual emanariam as lavas basálticas, e outra na crosta continental, responsável pelos derrames riodacíticos.

3.8.2 - Esquema Interpretativo da Evolução Geológica

A carência de estudos geológicos mais detalhados a respeito da repartição estrutural da província basáltica da Bacia do Paraná e das relações espaciais e temporais entre as diversas seqüências vulcânicas dificulta enormemente a interpretação da evolução geológica das rochas dessa província. É bem verdade que alguns poucos estudos petrográficos e químicos já fornecem algumas características essenciais dos diferentes termos vulcânicos e as fases minerais que regem a sua evolução geológica. Já se conhece, inclusive, uma compartimentação geoquímica da área atingida pelo vulcanismo basáltico da Bacia do Paraná, esboçada por Rüegg (1975) em quatro regiões principais, de acordo com os valores médios de teor dos elementos químicos maiores e traços. Falta, entretanto, uma compartimentação vulcano-estrutural das rochas dessa província vulcânica que se apoie essencialmente em critérios de campo, permitindo uma interpretação mais abrangente da sua evolução geológica. É o que se pretende fazer a seguir, à luz do conhecimento geológico atual, no qual se insere alguns aspectos relevantes das rochas em questão, a saber:

- (1) extensa e generalizada distribuição lateral das lavas basálticas em contraste com seqüências espessas, mas localizadas, de derrames riodacíticos;
- (2) os derrames riodacíticos tem sido encontrados normalmente acima das lavas basálticas, embora não seja improvável uma situação inversa (fig. 23);
- (3) a sucessão de lavas riodacíticas dispõe-se em faixas longitudinais, alinhadas ao longo de possíveis estruturas tectônicas de grande envergadura;

PERFIL ESQUEMÁTICO AO LONGO BR-386
Km 100 a 440

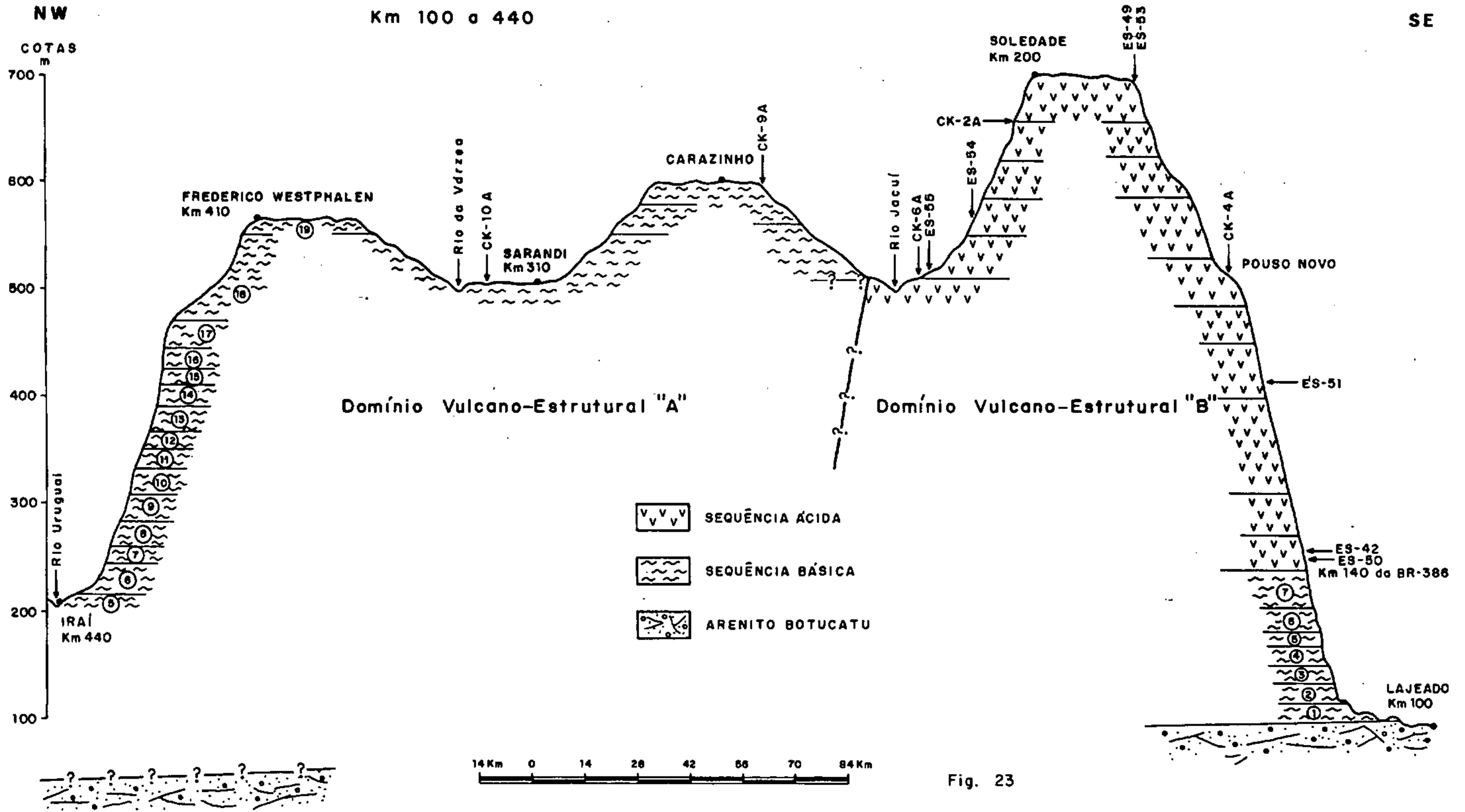
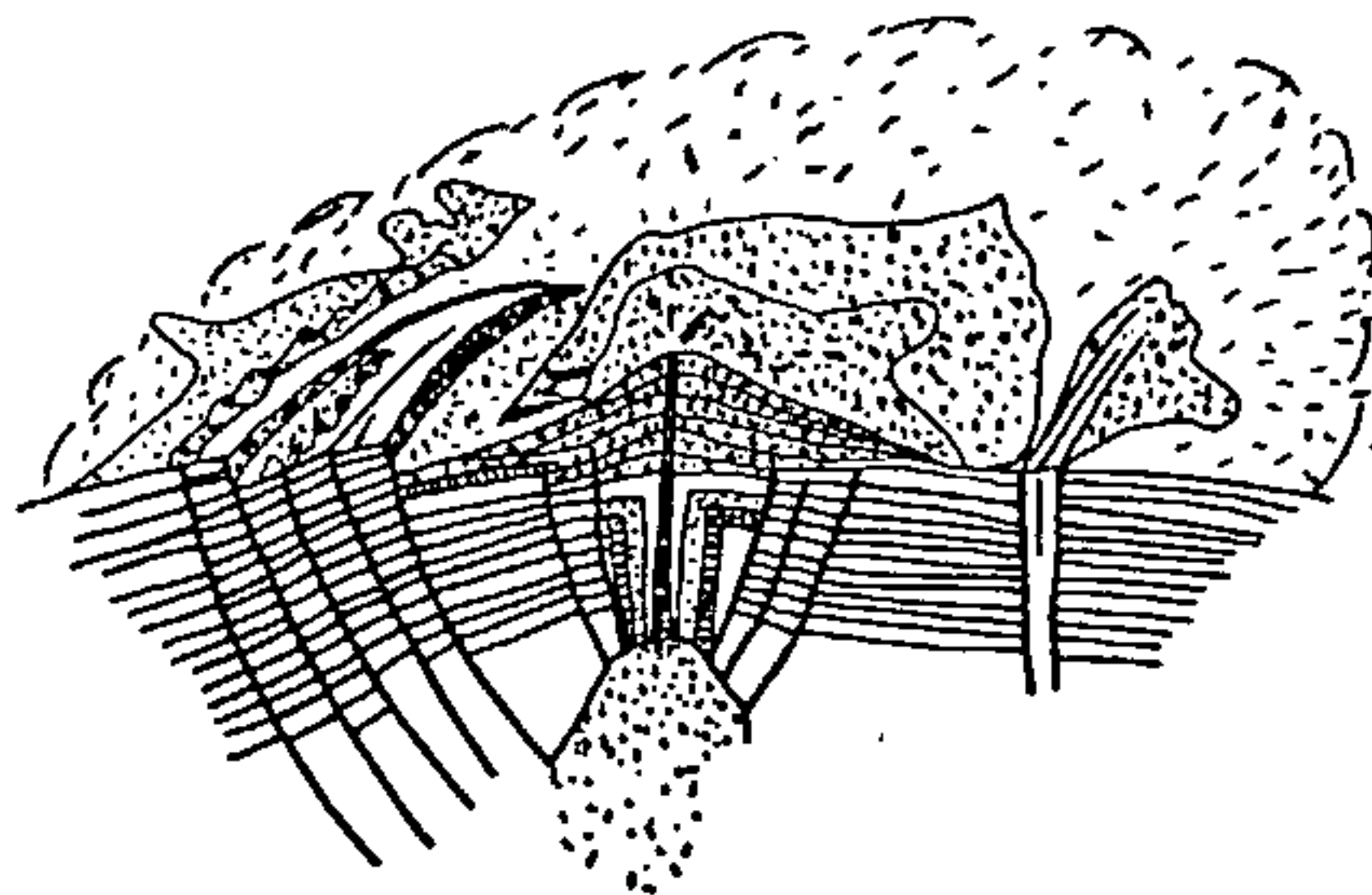


Fig. 23

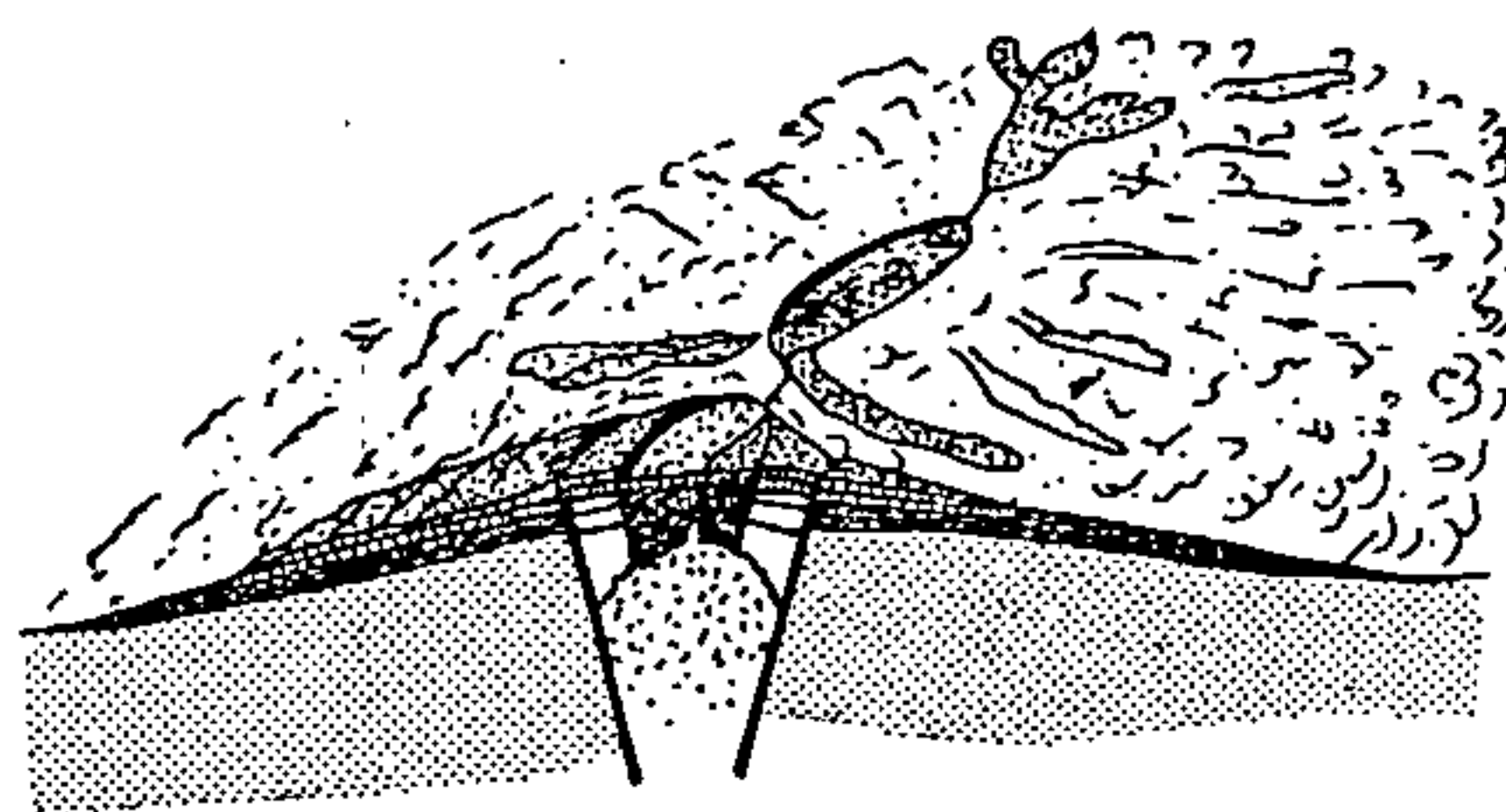
dura;

- (4) atualmente são conhecidas pelo menos 4 faixas axiais de rochas ácidas, de direção aproximadamente leste-oeste: uma, de grande extensão, na porção meridional do planalto basáltico do Rio Grande do Sul, mais ou menos coincidente com a linha tectônica Torres-Posadas; outra, bem menor, na parte oeste de Santa Catarina, entre os municípios de Xanxerê e Ponte Serrada; uma terceira, na porção central do Paraná, na Serra de Guarapuava; e a quarta, a SW de São Paulo, entre os municípios de Ourinhos e Piraju; e
- (5) existência de diversos domínios vulcano-estruturais dentro da província vulcânica, evidenciados pelas referidas faixas de lavas ácidas e pelas relações espaciais entre as seqüências basálticas e riódacíticas em diferentes partes dessa província, conforme ilustração (fig. 23) para a porção meridional do planalto sulriograndense.

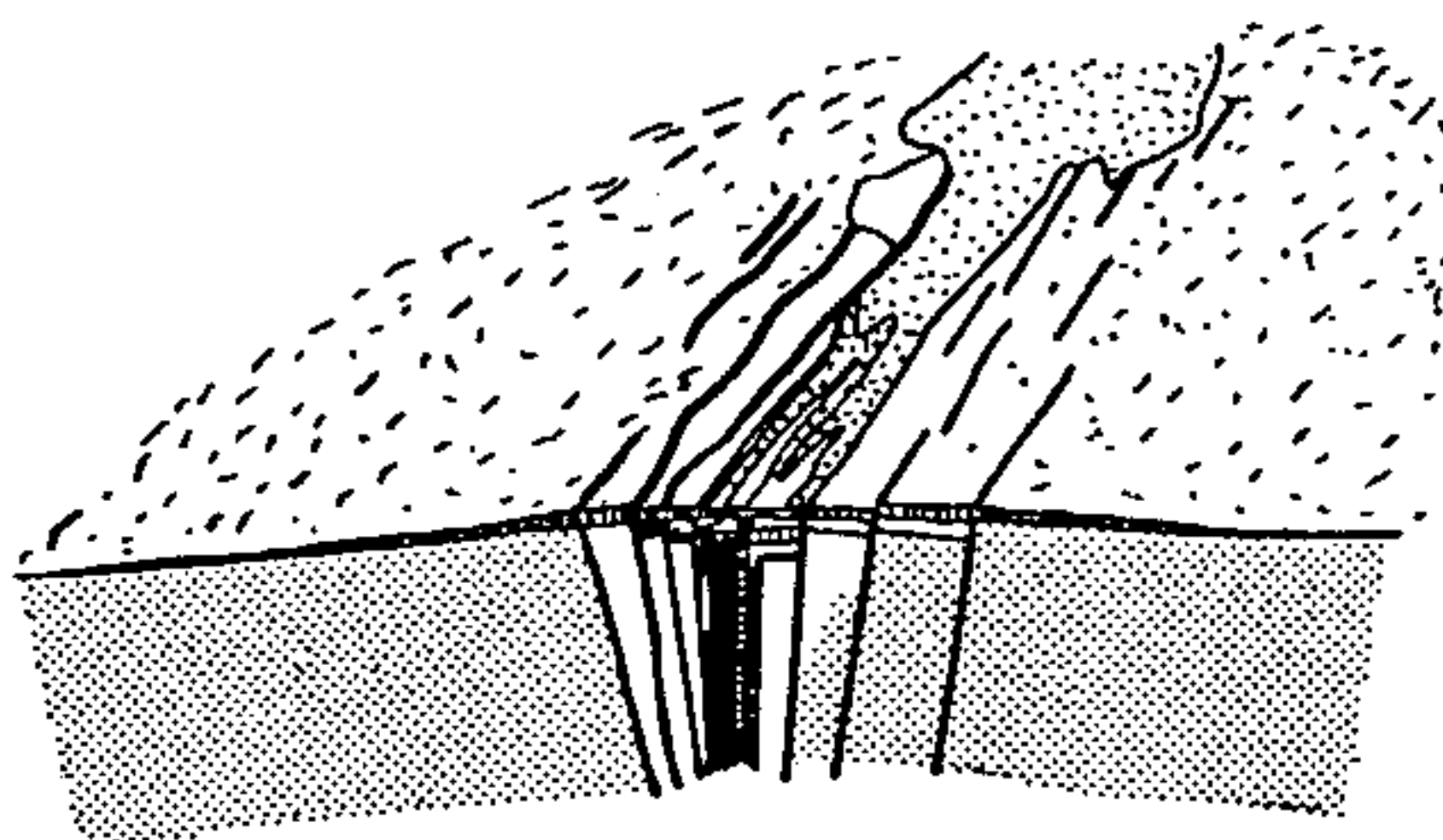
Diante desse quadro, a evolução geológica das rochas vulcânicas mesozóicas da Bacia do Paraná pode ser interpretada de acordo com o esquema esboçado na figura 24, baseado no exemplo de Afar (Etiópia) (Treuil e Varet, 1973). O magmatismo de Afar está representado por uma seqüência vulcânica, constituída predominantemente de basaltos, na base, que evoluem para escassos termos intermediários, até rochas ácidas, no topo. Neste esquema, uma evolução vulcânica progressiva, iniciando com o estágio fissural e finalizando com as acumulações alongadas do tipo escudo ou dômico, ocorre em perfeita consonância com uma evolução petrográfica contínua, desde basaltos até riolitos. Os basaltos correspondem ao estágio inicial de fissuras, os termos intermediários ricos em ferro (islanditos) ao estágio de vulcanismo de escudo alongado.



- C. **VULCANISMO DÔMICO** (Cumulo-volcano). Predominam depressões circulares, persistindo a câmara magmática e o avanço da diferenciação. As efusões repetidas de lavas cada vez mais ácidas, a partir da parte superior do reservatório magmático, modificam a morfologia vulcânica para tipos centrais de erupção. Predominam falhas radiais e sobretudo curvilíneas, estas últimas frequentemente efusivas.



- B. **VULCANISMO de ESCUDO**. A acumulação de lavas ao longo da físsura produz um arqueamento alongado. As falhas deixam de ser retilíneas e formam estruturas curvilíneas elípticas na parte superior. Uma câmara magmática é então individualizada, quando os termos intermediários (islanditos) podem ser produzidos.



- A. **VULCANISMO FISSURAL**. Os basaltos são injetados por uma físsura que evolui progressivamente para um graben simétrico. As lavas mais recentes concentram-se no eixo e as mais antigas localizam-se nos bordos.

Fig. 24 - Esquema Interpretativo da Evolução geológica das rochas vulcânicas mesozóicas da Bacia do Paraná em uma repartição vulcano-estrutural específica. Evolução de A para C. (A partir de Treuil e Varet, 1973).

gado e as rochas ricas em sílica caracterizam o estágio dômico final (*cumulo-volcano*) (Treuil e Varet, 1973).

Este esquema interpretativo fortalece algumas observações de campo e encaminha soluções para algumas questões referentes às rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. O contraste de comportamento espacial manifestado pelo grande extensão lateral dos derrames basálticos sub-horizontalizados (alguns com mais de 100 km) da porção inferior das seqüências vulcânicas e as acumulações alongadas das lavas ácidas superiores é perfeitamente explicável com base nessa interpretação. A não constatação ou escassez dos termos intermediários na província vulcânica da Bacia do Paraná é uma característica também de outras províncias correlatas, podendo ser explicada pela posição espacial que ocupam tais rochas nas seqüências vulcânicas, entre os basaltos da base e os riolitos aflorantes. Além disso, a maior contribuição que pode oferecer esse esquema interpretativo relaciona-se à enorme dificuldade em localizar a posição original das fissuras ou dos centros emissores através dos quais se deu o vulcanismo basáltico da Bacia do Paraná, questão crucial que tem intrigado todos os geólogos que se dedicam ao assunto. A não detecção de evidências geológicas mais substanciais que esclareçam essa questão possivelmente seja devida ao tipo de evolução vulcano-estrutural proposta nesse esquema, segundo a qual as estruturas originais relativas ao estágio fissural estão hoje encobertas pelas espessas seqüências de lavas ácidas. Neste sentido, as faixas longitudinais das lavas ácidas, já detectadas em algumas porções nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo, poderiam indicar a localização em subsuperfície dos aparelhos vulcânicos que conduziriam até a superfície as lavas basálticas e também as ácidas. Ainda mais, as áreas de afloramentos de lavas ácidas, dependendo da validade desse raciocínio, passam a ter importância especial na pesquisa mineral, em razão da possibilidade de abrigarem em profundidade, além dos citados aparelhos vulcânicos, rochas de composição intermediária, piroclásticas e até mesmo intrusões alcalinas.

4. GEOQUÍMICA

4.1 - SEDIMENTOS DE CORRENTE

4.1.1 - Generalidades

Foram coletadas 626 amostras de sedimentos de corrente na etapa regional de prospecção geoquímica, com uma densidade média de amostragem de aproximadamente uma amostra para cada 4 km². Posteriormente, na fase de detalhamento de áreas-alvo, coletou-se mais 104 amostras (*fill-in*) em drenagens que apresentaram valores de cobre superiores ao limiar, objetivando verificar a persistência de tais valores. As amostras de *fill-in* foram coletadas nas áreas de Flor da Serra, Beato Roque, Pacas, Alto Piraju, Cristo Rei, Monte Maria, Linha Ervalzinho, Lagoa Bonita, Linha Dalmolin e Vista Alegre, e estão indicadas nos mapas de distribuição geoquímica (anexos XXIII a XXV).

Todas as amostras foram analisadas para cobre total e cobre a frio por absorção atômica. O ouro foi analisado por absorção atômica em doze amostras selecionadas, não sendo detectado em nenhuma delas.

Em algumas drenagens efetuou-se leituras de pH através de papéis indicadores que registraram valores dentro da faixa de 5,5 a 6,5 unidades.

Os sedimentos de drenagem são constituídos por areia média a fina com proporções variáveis de argila. A composição mineralógica é basicamente de magnetita, fragmentos de rochas basálticas, grãos de quartzo e argilas diversas. Em algumas drenagens, com características peculiares de leito, ocorre frequentemente um enriquecimento notável de magnetita, formando verdadeiros depósitos deste mineral. Outro

tipo de segregação se dá no plano vertical, com a magnetita e outros minerais pesados, geralmente de maior granulação, depositando-se na base dos sedimentos, junto ao leito, e a fração predominantemente argilosa no topo.

4.1.2 - Parâmetros Básicos do Cobre

O cálculo dos parâmetros estatísticos básicos a partir dos resultados analíticos obtidos para o cobre total em sedimentos de corrente foi realizado através de processamento eletrônico, considerando-se a população lognormal. Obteve-se os valores de 202 ppm para a média, 178 ppm para o desvio padrão e 280 ppm para o limiar. Foram detectados 71 valores de cobre total acima do limiar até um máximo de 520 ppm (este, na área-alvo de Arroio Sociedade, amostra IS-419) localizados em onze porções de áreas diferentes (anexos XXII a XXV).

Em nove dessas áreas efetuou-se *fill-in* com amostragens bem próximas (em média, cerca de 50 m uma da outra), em torno do valor anômalo de cobre detectado na fase anterior, de enfoque regional. Os resultados obtidos desse detalhamento não apresentaram novidades dignas de registro, situando-se na faixa de valores médios da fase regional, como pode ser verificado nos mapas de distribuição geoquímica. Apenas as amostras orientadas IS-727 e IS-728 da área de Vista Alegre apresentaram valores de cobre total superiores aos correspondentes da fase regional, respectivamente 370 e 440 ppm, em razão possivelmente da amostragem ter sido realizada na profundidade de maior concentração de magnetita, abaixo da porção superior constituída de argilas.

A maior concentração de valores de cobre total acima do limiar ocorreu na área-alvo de Flor da Serra e, secundariamente, na área-alvo de Vista Alegre, as quais apresentaram também um número maior de ocorrências de cobre

em depósitos superficiais de intemperismo. Os demais valores anômalos de cobre em sedimentos de corrente são pontuais, inexpressivos e sem correspondência com áreas basálticas reconhecidamente mineralizadas. Por outro lado, áreas com razoável número de ocorrências cupríferas (Macaco Branco, Linha, União, Linha Morais e São Judas Tadeu) não revelaram nenhum valor de cobre total em sedimentos de corrente superior ao limiar.

A quase totalidade das amostras de sedimentos de corrente foi analisada também para cobre a frio, sem revelar valores elevados que caracterizem possíveis anomalias. A faixa média de variação dos valores de cobre a frio situa-se entre 15 e 30 ppm, com valores extremos de 14 e 60 ppm e uma média de 17 ppm. A relação cobre total sobre cobre a frio mostrou-se quase sempre inferior a 10%, sem evidências de dispersões hidromórficas.

4.1.3 - Relação entre Cobre Total e Magnetita

Em itens anteriores desse relatório salientou-se os elevados teores de ferro total (em geral superiores a 14%) dos basaltos da área do projeto quando comparados com outras províncias basálticas do mundo, inclusive a da Bacia do Paraná (tabela III), e a presença abundante e generalizada de magnetita, goetita, hematita e outros óxidos e hidróxidos complexos de ferro não individualizados. Mais adiante, no capítulo de Geologia Econômica, é caracterizada a importância fundamental do ferro nas reações químicas envolvidas na metalogênese dos depósitos de cobre. Semelhantemente, procurou-se examinar a relação existente em sedimentos de corrente entre a percentagem estimada de magnetita e o teor de cobre total, a partir dos resultados da fase de *fill-in* da área de Flor da Serra. Os percentuais de magnetita foram estimados visualmente em amostras secas com auxílio de lupa binocular e de ímã. As amostras foram coleta-

das em profundidades diferentes em razão da concentração diferencial da magnetita nos sedimentos de corrente, rara na fração argilosa do topo e dominante na fração mais grosseira da base. Os teores de cobre total foram determinados pelo LAMIN por espectrografia de emissão semiquantitativa para as frações *-80 mesh* e *-100 mesh*, obtendo-se os valores da tabela VIII abaixo.

Tabela VIII

Teores de cobre nas frações *-80* e *-100 mesh* e suas relações com percentuais de magnetita.

Fill-in em sedimentos de corrente.

Área Flor da Serra

Nº da Amostra	Cobre (ppm)		Magnetita(%)
	<i>-80 mesh</i>	<i>-100 mesh</i>	
IS-712	420	290	70-80
IS-713	230	190	10-20
IS-714	280	200	25-30
IS-715	230	200	40-50
IS-716	440	250	70-80
IS-717	310	230	60-70
IS-718	250	180	40-50
IS-719	320	200	50-60
IS-720	280	170	25-30
IS-721	230	160	50-60
IS-722	340	190	60-70
IS-723	280	180	40-50
IS-724	330	210	50-60
IS-725	330	220	60-70
IS-726	350	220	60-70

Esta tabela evidencia claramente que os teores de cobre total estão diretamente relacionados aos percentuais de magnetita na fração mais grosseira de -80 *mesh*, enquanto que a fração -100 *mesh* pode ser utilizada para suavizar o efeito falseador da magnetita.

4.1.4 - Relação entre Cobre Total e Cobre a Frio

Em alguns derrames verificou-se que os teores de cobre a frio cresciam à jusante (área de Vista Alegre, por exemplo), esperando-se um comportamento semelhante para os valores de cobre total, caso houvesse um relacionamento direto desses teores com as ocorrências cupríferas. Este relacionamento implicaria que o cobre proveniente dos depósitos cupríferos, caso chegasse até as drenagens, poderia entrar em solução, ser adsorvido nas argilas e detectado por ataques fracos nas análises de cobre a frio. Semelhantemente, o cobre total, resultante do cobre contido na fração argilosa e também em fragmentos de oxidados de cobre e em fragmentos de rocha, deveria apresentar um comportamento análogo ao do cobre a frio. Esta analogia não se verificou, antes pelo contrário, em razão de que o aumento do teor de cobre a frio está relacionado a um acréscimo de argila e, em consequência, a uma diminuição relativa da quantidade de magnetita, a qual parece ser a responsável pelos elevados teores de cobre total, conforme exposto no item anterior. Por raciocínio análogo poderia se concluir que a ausência generalizada de valores elevados de cobre a frio seria atribuída à fraca presença de magnetita nas frações argilosas ou à sua não detecção por ataques fracos nesse tipo de análise.

4.1.5 - Síntese dos Resultados

Os principais resultados da prospecção geoquímica

de sedimentos de corrente são os seguintes:

- (1) predominância de magnetita nas frações mais grosseiras da base dos sedimentos de corrente, diferentemente das porções mais superficiais quase que exclusivamente argilosas;
- (2) os teores de cobre total estão diretamente relacionados aos percentuais de magnetita nas frações mais grosseiras;
- (3) inexistência ou descontinuidade de valores elevados de cobre total em áreas de *fill-in*, selecionadas a partir de valores anômalos da fase anterior de enfoque regional;
- (4) ausência quase absoluta de valores elevados de cobre a frio que caracterizem possíveis anomalias; e
- (5) nenhuma correspondência entre valores elevados de cobre a frio e valores elevados de cobre total, os quais estariam relacionados respectivamente a um acréscimo de argila e a um acréscimo de magnetita em frações granulométricas diferentes.

A análise conjunta desses resultados leva à conclusão de que os valores anômalos de cobre total (acima de 280 ppm) representam na verdade falsas anomalias, uma vez que são devidos ao aumento dos percentuais de magnetita nas frações mais grosseiras dos sedimentos de drenagem. Mesmo em áreas onde observou-se uma aparente boa correspondência entre depósitos de cobre e valores anômalos de cobre total, como acontece na área-alvo de Flor da Serra, a causa mais provável desses valores anômalos de cobre deve residir nas con-

centrações elevadas de magnetita, conforme comprovou-se nos resultados de *fill-in* dessa área (tabela VIII). Neste sentido, a fraca ou inexistente dispersão de cobre de solos (ver item 4.2.2 desse relatório) é um argumento muito forte, que aliado aos resultados anteriormente citados, comprova que a dispersão do cobre restringe-se aos locais de suas ocorrências, não atingindo os sedimentos de drenagens. Além disso, as ocorrências de cobre da área estudada são em sua quase totalidade depósitos de intemperismo localizados nas porções mais altas da topografia, em geral bastante distantes das linhas de drenagem com sedimentos ativos de corrente. Portanto, por essas razões, a utilização de sedimentos de corrente em futuros trabalhos de prospecção geoquímica de cobre em áreas basálticas de platô, com depósitos cupríferos semelhantes aos estudados, não é recomendável.

4.2 - SOLOS

4.2.1 - Unidades de Solos da Área do Projeto

Tendo em vista o caráter orientativo do projeto, a fase de amostragem geoquímica de solos foi precedida de um reconhecimento de campo das unidades de solos e de uma identificação de seus horizontes, sob orientação do engenheiro agrônomo Carlos Lopes dos Santos Júnior, do Departamento de Recursos Naturais da Superintendência do Desenvolvimento da Região Sul (SUDESUL). Foram identificadas quatro unidades de mapeamento de solos, com base na classificação apresentada em Lemos (1973): Erechim, Santo Ângelo, Ciríaco e Charrua. Os dois primeiros tipos são de solos bem desenvolvidos, muito profundos, que aparecem nas partes mais elevadas da topografia, em porções muito restritas da área do projeto. A unidade Erechim é encontrada apenas no extremo sudeste da

área, entre Vista Alegre e Frederico Westphalen. É um solo bem drenado, de coloração vermelho-escura, textura argilosa em todo o perfil e com transição difusa entre os horizontes A, B e C. Este tipo de solo só foi amostrado para análise de cobre na área-alvo de Vista Alegre, onde tomou-se amostras dos horizontes B e C.

A Unidade Santo Ângelo foi identificada nas porções mais altas da topografia, entre a cidade de Tenente Portela e a localidade de Derrubadas, desenvolvida comumente sobre o derrame basáltico nº 6 (anexo VIII). São solos bem drenados, friáveis e com elevado grau de latolização, o mais alto em solos do Estado do Rio Grande do Sul (Lemos, *op. cit.*). Não foram amostrados em nenhuma área e graduam lateralmente, nas porções de topografia acidentada, para os solos da Unidade Ciríaco.

As unidades Ciríaco e Charrua estão presentes em todas as áreas-alvo de amostragem de solos e apresentam-se comumente relacionadas entre si de uma maneira muito íntima, formando a associação Ciríaco-Charrua. Esta associação situa-se em áreas de relevo fortemente ondulado a montanhoso, no qual os solos Ciríaco ocupam a parte menos acidentada (zona amigdalóide do perfil da foto 4) e os solos Charrua a parte de declive mais abrupto (zona de disjunção vertical do perfil da foto 4).

Os solos da Unidade Ciríaco são medianamente profundos (em torno de 60 cm nas áreas amostradas), moderadamente drenados, cor castanho-avermelhada escura, textura argilosa e horizontes A e B relativamente bem desenvolvidos (foto 28). O horizonte A, comumente revolvido pela atividade agrícola, tem uma espessura aproximada de 20 cm, textura silto-argilosa, friável, ligeiramente pegajoso e transicional para o B. Este, predominantemente argiloso, plástico e pegajoso, possui uma espessura variável entre 20 e 40 cm. No horizonte C aparece um mosaico de basalto intemperizado e

fragmentos de rocha, entre os quais desenvolvem-se "línguas" de material argiloso.

Os solos da Unidade Charrua são rasos (10 à 20 cm), com seqüência A/C, muita pedregosidade e frequentes afloramentos de rocha. São bem drenados e desenvolvidos em relevos acidentados e fortemente dissecados pela erosão. O horizonte A possui cor castanho-avermelhada escura, textura silto-arenosa, com grande incidência de cascalhos e pedras e transição abrupta para o C (foto 27). A maioria das amostras para análises de cobre foi coletada nesse tipo de solo.

4.2.2 - Interpretação dos Resultados das Áreas-Alvo

Com base no mapeamento geológico em escala 1:50.000, na avaliação dos indícios mineralizados e na prospecção geoquímica de sedimentos de corrente da fase regional, selecionou-se dez áreas-alvo com vistas ao detalhamento de solos. As dez áreas-alvo e os parâmetros estatísticos de cobre nos solos dessas áreas estão relacionados na tabela IX a seguir. Nas áreas-alvo de Vista Alegre e Flor da Serra foram realizados também levantamentos geofísicos através dos métodos magnético e de polarização induzida (IP), sendo que em Flor da Serra executou-se ainda *fill-in* em sedimentos de corrente. A interpretação dos resultados obtidos para cobre em solos será feita a seguir para cada uma das áreas-alvo.

Flor da Serra - Os valores de cobre superiores a 200 ppm refletem nesta área o derrame basáltico nº 4, portador das ocorrências cupríferas, especialmente sua zona superior amigdalóide, na qual estão contidos os depósitos de oxidados de cobre (anexo XXIX). O limiar é da ordem de 250 ppm, registrando-se 17 resultados acima desse valor.

Tabela IX

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DE COBRE EM SOLOS DAS
 ÁREAS-ALVO (Cálculo com valores inferiores a
 500 ppm e distribuição lognormal)

ÁREA-ALVO	MÍNIMO	MÁXIMO	M	DP.	CV	L
FLOR DA SERRA	60	420	150	1,289	0,258	250
VISTA ALEGRE	30	310	154	1,296	0,263	258
SÃO JUDAS TADEU	55	300	134	1,320	0,283	233
MACACO BRANCO	110	300	184	1,242	0,219	283
ARROIO SOCIEDADE	60	350	154	1,289	0,258	255
DOURADO	50	380	135	1,291	0,260	255
LINHA UNIÃO	55	180	122	1,229	0,209	184
LINHA MORAIS	50	270	136	1,264	0,238	217
BEATO ROQUE	60	300	159	1,266	0,239	254
SÃO PAULO	70	250	141	1,274	0,246	220

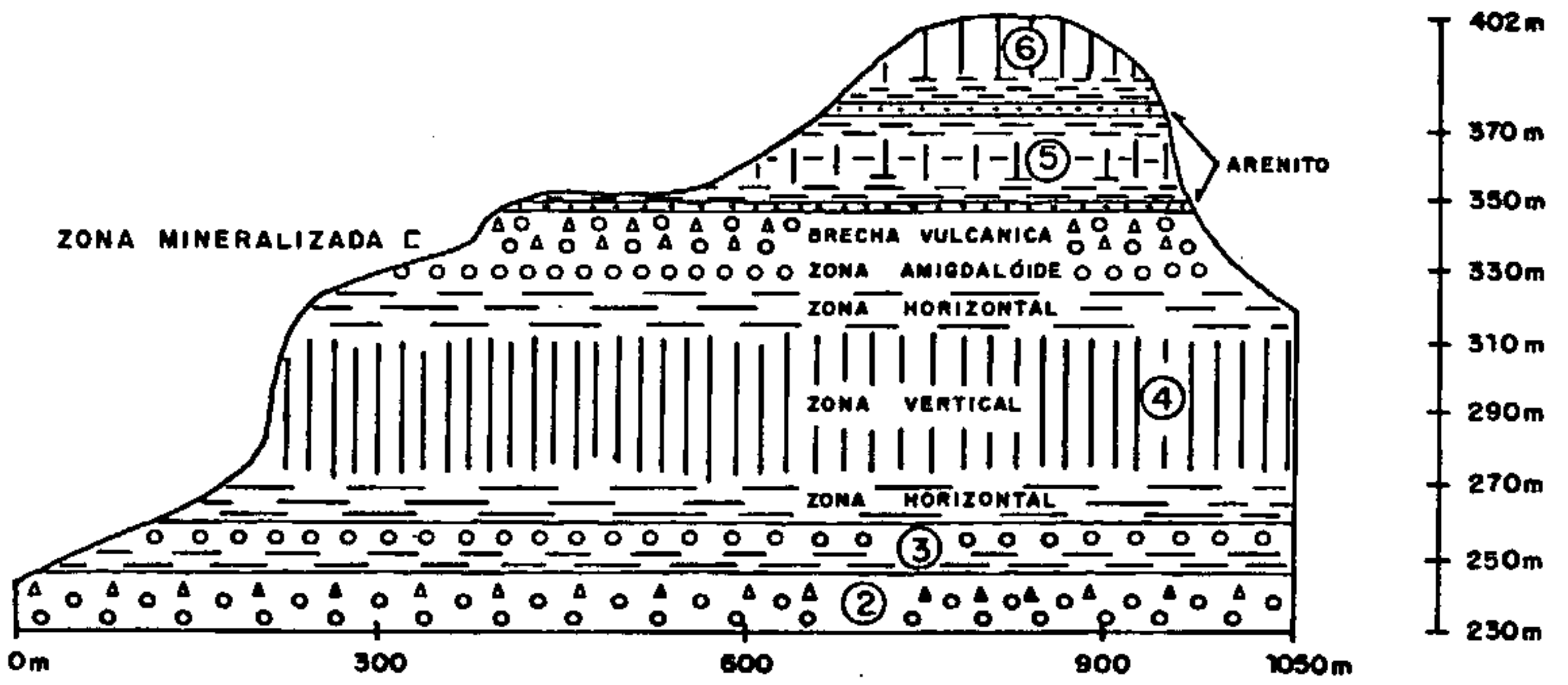
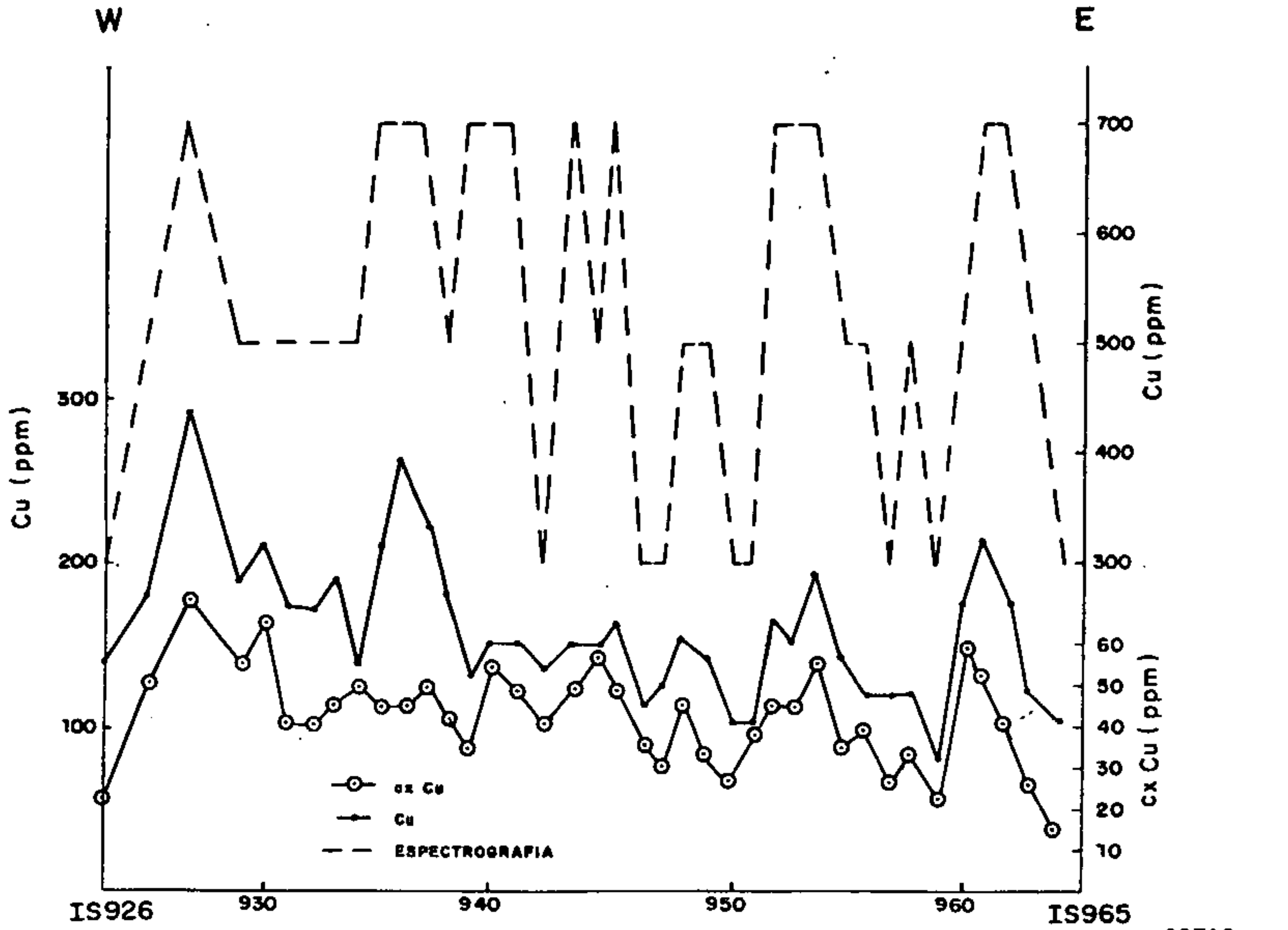
M : Média
 DP : Desvio Padrão
 L : Limiar
 CV : Coeficiente de Variação $\left(\frac{DP}{M}\right)$: mede a dispersão relativa

Sobre a principal ocorrência de cobre dessa área (ficha de cadastro nº 36) detectou-se o valor mais alto de cobre (650 ppm), evidenciando a eficiência desse método geoquímico. Por outro lado, a ausência de um número maior de valores elevados de cobre ao longo da suposta zona mineralizada do topo do derrame nº 4 parece indicar que as mineralizações são restritas aos pontos de ocorrências conhecidas, concluindo-se que a dispersão é muito pequena a ine-

xistente. Mesmo os valores de cobre a frio (cxCu), que poderiam fornecer algum padrão de dispersão hidromórfica em virtude da argila presente, são constantes, baixos e variando entre 20 a 30% dos valores de cobre total, conforme pode ser verificado na figura 25. Esta figura mostra os resultados de cobre obtidos em um determinado perfil de amostragem de solos, em consonância com o perfil geológico-topográfico mais representativo da área. Da sua análise visual destacam-se a boa correspondência entre os valores de cobre obtidos pelos três métodos analíticos utilizados e a associação dos teores mais elevados de cobre com zonas de *seepage* (*seepage line*), as quais localizam-se preferencialmente no contato das zonas amigdalóide e de diaclasamento horizontal dos derrames basálticos. O efeito de *seepage* é evidenciado mesmo em amostras do horizonte C, conforme verificou-se nas amostras IS-944, 951 e 960, coletadas em solos localizados sobre a zona de diaclasamento horizontal e apresentando a relação cobre a frio/cobre total maior que 30%.

As amostras IS-927 a 964 de um perfil de solos que atravessa os derrames nºs 3, 4, 5 e 6 da área de Flor da Serra (anexo XXIX) foram analisadas para 30 elementos por espectrografia de emissão, sem resultados expressivos que mereçam consideração à parte.

Vista Alegre - Também nesta área a metodologia utilizada apresentou boa resolução, assinalando perfeitamente, embora de maneira sutil, o derrame principal (nº 11) portador das ocorrências de cobre (anexo XXXII). Os valores de cobre superiores a 200 ppm caracterizam esse derrame, com valores de média e limiar respectivamente de 154 e 258 ppm. Os pontos IS-785, 786 e 787, com teores de cobre total acima da média, caracterizam a principal ocorrência (ficha de



HORIZONTE AMOSTRADO C
 FRAÇÃO -80 MESH
 MÉTODOS ANALÍTICOS: — ABSORÇÃO ATÔMICA
 - - ESPECTROGRAFIA

ABERTURA : HNO₃ CONCENTRADO A QUENTE PARA CU
 HCl 0.5 N A FRIO PARA cx Cu

FIGURA 25
 PERFIS GEOLÓGICO E GEOQUÍMICO
 ÁREA : FLOR DA SERRA
 ESCALA VERTICAL = 1:3.000
 ESCALA HORIZONTAL = 1:10.000

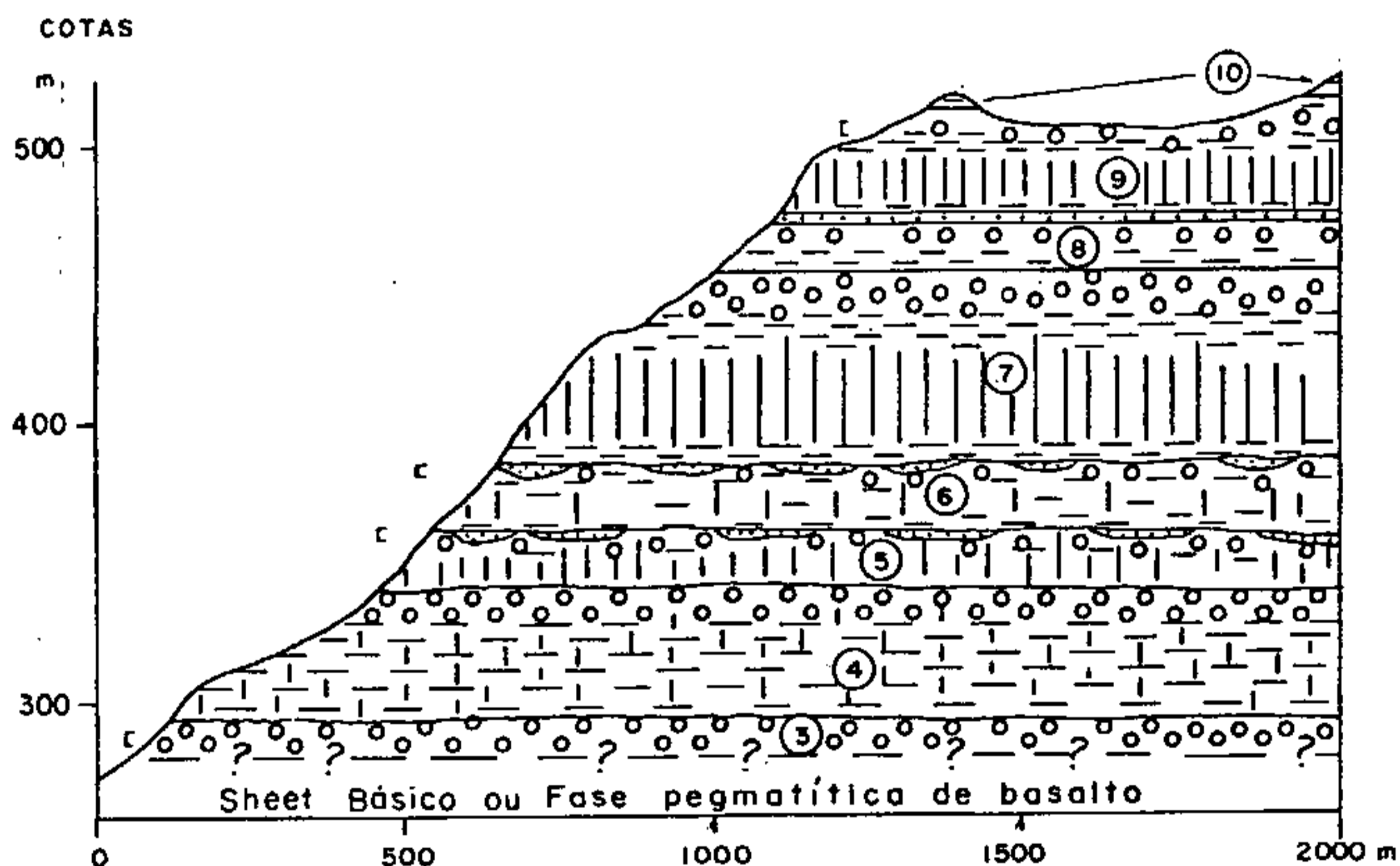
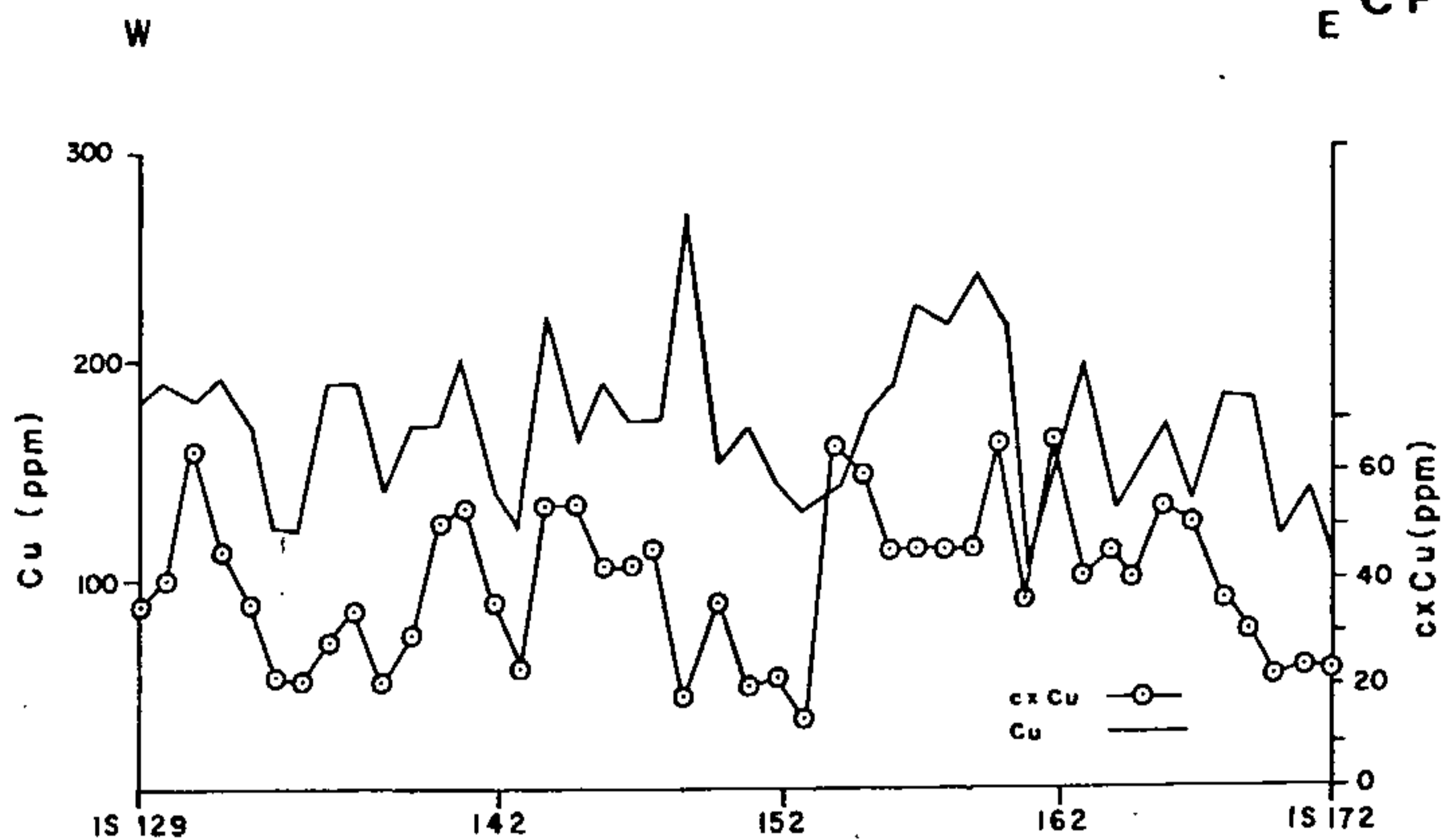
cadastro nº 88) de oxidados de cobre do referido derrame nº 11. Os demais valores altos de cobre são isolados e representam pequenas e restritas concentrações de cobre dos derrames nºs 10, 9 e 8, todas caracteristicamente localizadas em zonas de *seepage*.



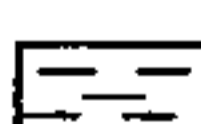



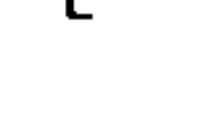
São Judas Tadeu - Os valores de cobre total desta área (anexo XXXIV) situam-se na faixa de teores médios, sendo que os mais elevados são inferiores ao limiar de 233 ppm.

Da análise visual da figura 26 verifica-se que os valores mais elevados de cobre total situam-se nos contatos das zonas amigdalóide e de diaclasamento horizontal dos diversos derrames, provocados provavelmente por efeito de *seepage*.

Com relação às amostras analisadas para cobre a frio, os resultados indicam que a maioria dos valores situam-se entre 30 e 50 ppm, não caracterizando qualquer forma de dispersão hidromórfica. Possivelmente apenas os valores de cobre a frio superiores a 60 ppm indiquem o desenvolvimento local de solos hidromórficos por efeito de *seepage*. Neste sentido, a análise conjunta dos perfis geológico e geoquímico da figura 26 evidencia claramente que as ocorrências de cobre do derrame nº 9, o principal portador de depósitos cupríferos de intemperismo da área, e também do derrame nº 3, estão caracterizadas pelos valores de cobre a frio superiores a 60 ppm.

Macaco Branco - Na área de Macaco Branco as ocorrências de cobre aparecem sob a forma de cobre nativo disseminado e em fraturas de basaltos da zona intermediária do derrame nº 4, diferentemente das demais áreas-alvo, onde os depósitos de cobre são de intemperismo e ligados à percolação de água subterrânea. Mesmo nestas condições de depósitos disseminados e em fraturas, a eficiência do método geoquímico de prospecção ficou evidenciada por um conjunto de



-  ZONA AMIGDALÓIDE
-  ZONA DE DIACLASAMENTO VERTICAL
-  ZONA DE DIACLASAMENTO HORIZONTAL
-  NÍVEL DE ARENITO CONTÍNUO
-  NÍVEL DE ARENITO DESCONTÍNUO
-  (3) NÚMERO DO DERRAME
-  c NÍVEL MINERALIZADO EM Cu

HORIZONTE AMOSTRADO: c
 FRAÇÃO: 80 MESH
 MÉTODO ANALÍTICO: ABSORÇÃO ATÔMICA

ABERTURA: HNO₃ CONCENTRADO A QUENTE
 PARA Cu; HCl 0.5N A FRIO PA
 RA cx Cu.

FIGURA 26

PERFIS GEOLÓGICO E GEOQUÍMICO

ÁREA: SÃO JUDAS TADEU

ESCALA VERTICAL 1: 4.000
 ESCALA HORIZONTAL 1: 18.000

valores de cobre total superiores a 200 ppm que se superpõe ao referido derrame portador das mineralizações de cobre, conforme pode ser constatado da análise conjunta dos mapas geológico (anexo XI) e de distribuição geoquímica (anexo XXVI). Os solos dos basaltos desse derrame possuem ainda o *background* mais elevado em cobre, com uma média de 184 ppm, embora a maioria dos seus valores situem-se abaixo do limiar (283 ppm).

Demais Áreas - As demais áreas-alvo (Dourado, Beato Roque, Arroio Sociedade, Linha União, São Paulo e Linha Morais), submetidas à prospecção geoquímica de solos, não apresentaram valores elevados de cobre de maior significação (anexos XXVII, XXVIII, XXX, XXXI, XXXIII e XXXV). Em todas essas áreas os valores de cobre variam em torno da média, sendo que os poucos valores de cobre total superiores a 200 ppm não ocorrem agrupados e nem são representativos de derrames portadores de mineralizações cupríferas.

4.3 - ROCHAS

4.3.1 - Generalidades

Foram coletadas 95 amostras de rochas basálticas para determinação de cobre por espectrografia de emissão e por absorção atômica. Quase todas essas amostras foram analisadas também para 30 elementos por espectrografia de emissão e 39 delas (CK-14 a CK-52) foram analisadas para ouro e prata por absorção atômica.

Todos os resultados de cobre em rochas estão plotados nos mapas geológicos regionais (1:50.000) e das áreas-alvo (1:10.000) e inseridos em tabelas (anexo I) com dados petrográficos e observações de campo.

A amostragem de rochas foi concentrada nas áreas-alvo, especialmente nos derrames basálticos com mineralizações de cobre. O maior número de amostras (26) foi coletada no derrame nº 4 da área de Macaco Branco (anexo XI), portador de disseminações de cobre na sua zona intermediária, estendendo-se lateralmente a amostragem para fora dessa área com o objetivo de verificar a extensão dessa mineralização. Fora das áreas-alvo, amostrou-se os tipos petrográficos menos comuns sob o ponto de vista textural.

4.3.2 - Valores Médios de Cobre em Basaltos

A média aritmética do teor de cobre de análises de absorção atômica de 70 amostras de basaltos sem mineralização cuprífera é de 190 ppm, com valores mínimo e máximo de 35 e 670 ppm. Nas áreas mineralizadas obteve-se uma média de 1102 ppm para os basaltos com disseminações finas de cobre nativo (valores mínimo e máximo de 500 e 2900 ppm) (tabela XVII) e 2843 ppm para os basaltos com vesículas e fraturas preenchidas por cobre nativo e oxidados de cobre (valores mínimo e máximo de 900 e 4900 ppm) (tabela XV).

Diferentemente, as análises de espectrografia de emissão semiquantitativa forneceram valores médios de cobre em basaltos maiores que aqueles obtidos para as mesmas amostras a partir das análises da absorção atômica (fig. 27). Dos resultados de 48 análises espectrográficas de basaltos não mineralizados obteve-se uma média de 239 ppm, com valores mínimo e máximo de 50 e 300 ppm. Os basaltos cupríferos ou com teores de cobre maiores que 500 ppm forneceram uma média de 2782 ppm a partir de 38 análises, com teores mínimo e máximo de 500 e 15.000 ppm.

Adotando-se o teor médio de 190 ppm para o cobre dos basaltos não mineralizados da área do projeto, verifica-se que esse valor é maior que o valor correspondente das

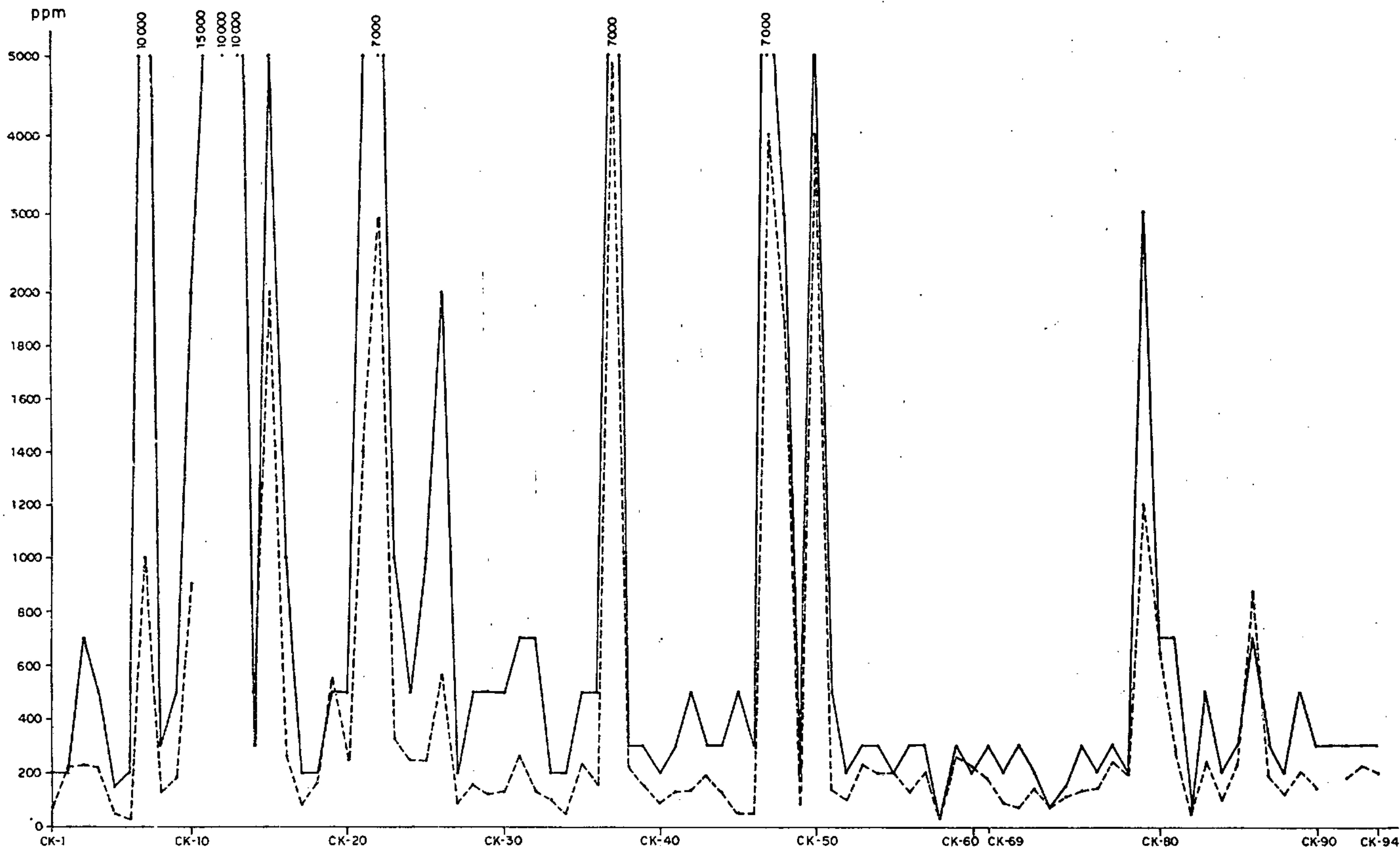


Fig.27 - Perfis geoquímicos do cobre em basaltos da Área do Projeto.
 (Amostras com mais de 800 ppm de Cu em A. A. com indícios visíveis de cobre).

----- RESULTADOS DE ABSORÇÃO ATÔMICA
 ————— RESULTADOS DE ESPECTROGRAFIA DE EMISSÃO

rochas da província basáltica da Bacia do Paraná (149 ppm) e caracteristicamente da mesma ordem de grandeza que o teor médio de cobre dos basaltos da "anomalia centro oeste paranaense" (192 ppm), em conformidade com os dados químicos de RÜegg (1975). De acordo com esse autor, esta anomalia é formada por superfícies de tendência que configuram um alto de teor do cobre (fig. 34) e do ferro total (fig. 35) e com teores de SiO_2 , K_2O e Na_2O ligeiramente abaixo da média.

Os valores de média aritmética do teor de cobre dos basaltos da Bacia do Paraná, inclusive os da área do projeto, são bem maiores que os valores médios referidos pela bibliografia para o cobre em rochas basálticas. É o que se observa em Prinz (1967) que obteve um valor de 100 ppm para 156 análises e cita os valores obtidos por vários autores, tais como 82 ppm (Fairbairn e outros, 1953), 88 ppm (Morita, 1955), 87 ppm (Turekian e Wedepohl, 1961), 88 ppm (Wedepohl, 1962) e 100 ppm (Vinogradov, 1962). Acima de 100 ppm, Patterson e Swaine (1955) citam o teor médio de 125 ppm de cobre em basaltos toleíticos terciários do norte da Irlanda.

O acentuado enriquecimento de cobre primário nos basaltos da área do projeto e da porção correspondente à "anomalia centro oeste paranaense" (RÜegg, 1975) constitui provavelmente a causa fundamental da concentração de um número tão grande de depósitos secundários de cobre nessa região, formados em condições favoráveis de relevo e de percolação de água subterrânea.

4.3.3 - Outros Elementos em Basaltos

Dos 30 elementos determinados por espectrografia de emissão, o cobre foi o que apresentou os resultados de maior interesse geoquímico. Outros elementos cogitáveis em rochas basálticas não foram detectados (Au e Ag) ou apresen

taram pequenas variações de valores sem maior significação geoquímica. Neste caso estão o cromo, o vanádio e o ferro, cujos resultados foram correlacionados com os teores de cobre. O cromo apresentou teores variando entre 20 e 300 ppm, praticamente sem nenhuma relação com os teores de cobre, com dois valores mais elevados de 500 e 700 (amostras CK-60 e CK-8). Já o vanádio, com uma média de 488 ppm e valores mínimo e máximo de 150 e 1000 ppm, apresentou uma razoável correspondência com os teores de cobre, principalmente entre os valores mais altos desses dois elementos. A melhor correspondência verificada, no entanto, é entre os teores de cobre e ferro, embora os intervalos de detecção desse último sejam muito amplos (10.000, 15.000 e 20.000 ppm).

O ouro (digestão com HBr e Br) e a prata (digestão com HNO_3 concentrado a quente) foram ainda objetos de análises de absorção atômica em grande parte das amostras de basaltos, não sendo detectados na maioria delas ou apresentando valores inferiores aos seus limites de detecção. Apenas uma amostra (CK-14) apresentou um teor em ouro (0,10 ppm) superior ao seu limite de detecção (0,05 ppm).

4.3.4 - Cobre nos Derrames Riódacíticos

Fora da área do projeto, entre os quilômetros 141 e 227,5 da BR-386 (fig. 23) coletou-se 14 amostras de rochas em diferentes derrames, classificados petrograficamente como riódacitos (tabela VII). Dos 30 elementos determinados por espectrografia de emissão nestas rochas, apenas o cobre, o vanádio e o estrôncio (fig. 28) foram considerados numa interpretação sucinta dos resultados. Os demais elementos apresentaram valores muito baixos e/ou sem interesse geoquímico.

Os teores de cobre são muito baixos, variando en-

tre 5 e 50 ppm, com uma média aritmética de 21,4 ppm. Estes teores apresentam uma boa correspondência com os valores de vanádio e uma relação quase sempre inversa com os valores de estrôncio, conforme pode ser visto nos perfis geoquímicos desses elementos (fig. 28). O vanádio apresentou uma faixa de variação de 15 a 100 ppm e o estrôncio de 100 a 1000 ppm.

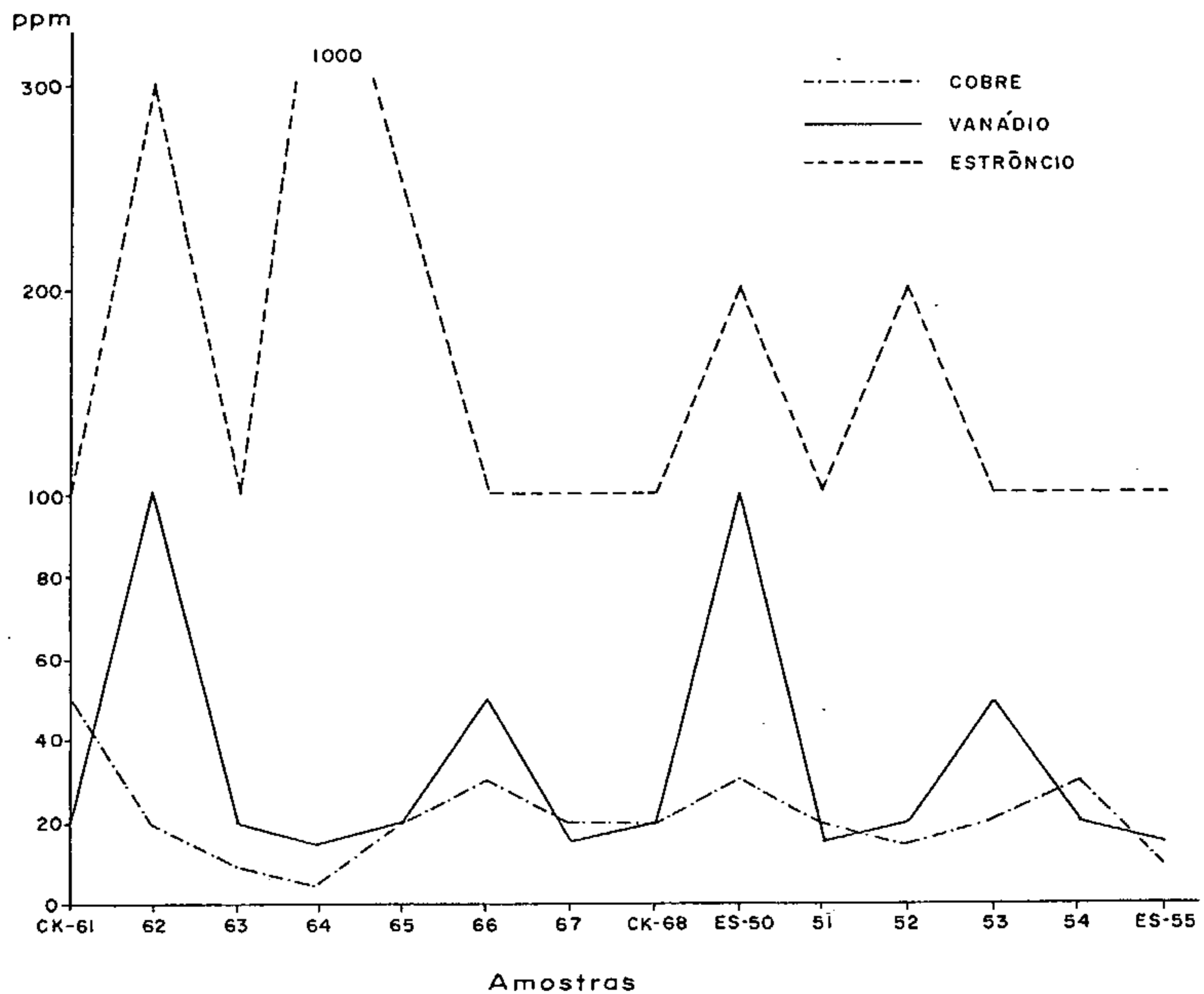


Fig. 28 - Perfis Geoquímicos do Cu, V e Sr em Derrames Riódacíticos. Porção Centro-Leste do RS. (BR-386, entre km 141 e 227,5)
Análise Espectrográfica Semiquantitativa

5. GEOFÍSICA

por Antonio Flávio Uberti Costa

5.1 - GENERALIDADES

Para a interpretação dos dados geofísicos procurou-se estabelecer certos critérios que nortearam a abordagem dos dados segundo determinados aspectos, objetivando uma análise integrada dos elementos fornecidos pela geofísica com as informações geológicas conhecidas nas áreas. Foi examinado cada perfil isoladamente, e feita uma correlação entre eles sempre que possível. Os critérios fundamentais de análises dos resultados foram:

- (1) Estudo das pseudo-seções de resistividade aparente, efeito de frequência (PFE) e fator metálico (MF), correspondentes a cada perfil; a resistividade apenas como um complemento da interpretação, uma vez que nem sempre zonas de baixa resistividade correspondem às zonas mineralizadas; os valores de PFE como fatores definitivos da interpretação no que se refere à identificação das anomalias; os valores de MF, por serem resultantes dos dois primeiros, de importância secundária.
- (2) Estabelecimento de que os valores iguais ou maiores que 6% de PFE são considerados anômalos, principalmente quando ocorrem agrupados. Com o fim de se evitar que possíveis efeitos de acoplamento indutivo ("*EM Coupling*") sejam tomados como anomalias reais, foram examinados sob esse aspecto os diversos parâmetros utilizados no levantamento, ou seja: com base em

gráficos apresentados por Sumner (1976), usados para corrigir efeitos de acoplamento indutivo e considerando-se a frequência mais alta de medida (2,5 Hz), o espaçamento entre eletrodos (50 metros), o nível máximo de leitura (7) e os valores mínimos de resistividade aparente (20 ohm.m), pode-se afirmar que possíveis efeitos de acoplamento indutivo, neste levantamento, são negligíveis, atingindo no máximo 4%. Assim, o *background* estabelecido para os valores de PFE, considerando anômalos aqueles iguais ou maiores que 6%, determinou uma faixa de segurança entre 4% e 6%, o que veio, pelo menos teoricamente, eliminar a preocupação de que tais efeitos possam ter ocorrido.

- (3) Análise qualitativa cuidadosa dos perfis magnéticos, visando determinar possíveis coincidências de anomalias magnéticas com anomalias de IP. Tal procedimento ganha importância quando se sabe que a presença de magnetita em teores elevados é comum nos derrames basálticos. A magnetita, tanto quanto as mineralizações de cobre nativo, quando encontrada em condições favoráveis, pode também fornecer anomalias de IP.
- (4) Relação entre cada nível de investigação do IP e a profundidade alcançada, com base nos coeficientes apresentados por Edwards (1977), possibilitando assim, com as informações da topografia, geologia de superfície e espessura dos derrames, determinar as profundidades do topo das fontes causadoras das anomalias e, deste modo, relacionar cada anomalia com o respectivo derrame a que corresponde. Tais coeficientes, única forma de se tentar uma aproximação da profundidade alcançada pelo método e, já apli-

cados em diferentes regiões com resultados positivos, são aqui utilizados como sendo corretos e os valores obtidos considerados suficientemente próximos do real até que o contrário seja provado. Na tabela X, a seguir, encontram-se os coeficientes aplicáveis para o arranjo dipolo-dipolo.

Tabela X

Coeficientes aplicáveis para o arranjo dipolo-dipolo

n (nível de leitura)	Z/a ($\frac{\text{profundidade}}{\text{dist. entre eletrodos}}$)
0,222	0,139
0,5	0,253
1	0,416
2	0,697
3	0,962
4	1,220
5	1,476
6	1,730
7	1,983
8	2,236
20	5,25

- (5) Possíveis efeitos da topografia foram examinados com cuidado no estudo das anomalias de IP detectadas nas duas áreas.

5.2 - INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

5.2.1 - Área de Vista Alegre (Anexos XXXVI a XLIV)

Foram executados sete perfis paralelos, de direção E-W, com extensão de 3.000 metros cada e separação de 500 metros entre si. Conforme se vê no anexo XXXVI, a numeração dos perfis é crescente (1 para 7) de sul para norte. O relevo topográfico é acidentado, variando a intensidade desta característica de um perfil para outro.

Perfil 1 (anexo XXXVIII) - Neste perfil os valores de resistividade aparente caracterizam-se por apresentar grandes variações (50 a 300 ohm.m) tanto no sentido vertical quanto no horizontal. As anomalias de PFE detectadas são numerosas, mas de pequena magnitude. Quando analisadas juntamente com as informações da topografia, geologia de superfície e espessura dos derrames, tais anomalias revelam um ponto em comum, ou seja, são correspondentes na sua totalidade ao derrame 7, a maioria ao topo deste. Este fato sugere a presença de uma zona mineralizada a um determinado nível do derrame 7 ou ao longo do mesmo, muito embora as anomalias detectadas não sejam muito intensas. Os valores mais elevados de MF, na maior parte dos casos, não coincidem com as anomalias de PFE.

Os valores do campo magnético medidos neste perfil oscilam intensa e irregularmente, revelando terem origem, provavelmente, em concentrações aleatórias de magnetita em solos e/ou rochas. Os picos positivos e negativos de magnetometria não podem ser correlacionados com as anomalias de PFE, reduzindo as possibilidades de que estas estejam associadas às concentrações de magnetita.

Com base nos coeficientes de Edwards (*op. cit.*) con-

clui-se que neste perfil, com o espaçamento utilizado entre eletrodos (50 metros), apenas nos trechos 400 a 600 e 2.250 a 2.800 seria possível detectar ou atingir o derrame 9, enquanto que o derrame 10 poderia ser atingido apenas no trecho entre os piquetes 2.400 a 2.700 e, o 11, em nenhum trecho do perfil.

Perfil 2 (anexo XXXIX) - Neste perfil a distribuição de valores de resistividade aparente é bem mais homogênea que no anterior, embora a faixa de variação tenha aumentado, ou seja, valores mínimos em torno de 20 ohm.m e máximos de quase 300 ohm.m. Duas zonas podem ser facilmente observadas ao longo do perfil: uma entre os piquetes 0 a 800, com homogeneidade em torno de 100 ohm.m, e outra entre os piquetes 1.000 e 3.000, com pequena variação, entre 20 e 50 ohm.m, raramente ultrapassando esse limite. Apenas entre os piquetes 800 e 1.000, separando estas duas zonas, ocorrem fortes gradientes em que os valores atingem a quase 300 ohm.m, conforme se pode observar no perfil do anexo XXXIX.

Algumas anomalias do PFE são bastante significativas neste perfil, com grande intensidade e extensão, contribuindo ainda para despertar um maior interesse a coincidência de valores altíssimos do MF, chegando até a mais de 2.000 mho/m, o que não é comum. Além disso, repete-se a associação de anomalias com o derrame 7. Entre 10 anomalias detectadas, 8 correspondem ao derrame 7, e as outras duas ao topo do derrame 8 ou base do 9.

Neste perfil vale mencionar também, que com o espaçamento entre eletrodos de 50 metros, o derrame 11 jamais foi atingido, o 10 em apenas dois pequenos trechos onde está encoberto pelo 11, enquanto que o 9 somente em um terço de todo o perfil.

Quatro faixas anômalas se destacam pela sua extensão e intensidade, todas elas coincidindo com elevados va-

lores de MF:

- (1) em torno do piquete 1.400, deve estar associada à base do derrame 9 ou topo do 8, em zona de baixa resistividade aparente; corresponderia a um corpo situado a cerca de 48 metros de profundidade;
- (2) entre os piquetes 1.800 e 1.850, deve estar associada à zona intermediária do derrame 7, em zona de baixa resistividade aparente, com PFE máximo de 12%; corresponderia a um corpo a cerca de 35 metros de profundidade e ocorre sob trecho de relevo acidentado;
- (3) entre os piquetes 2.250 e 2.300, associada à base do derrame 9 ou topo do 8, em zona de baixa resistividade aparente, também com PFE máximo elevado (11%); corresponderia a um corpo situado a cerca de 48 metros de profundidade; e
- (4) entre os piquetes 2.400 e 2.500, deve estar associada à zona intermediária do derrame 7, com baixa resistividade aparente; corresponderia a um corpo a cerca de 60 metros de profundidade e situa-se sob trecho de relevo acidentado.

As anomalias magnéticas detectadas também não podem ser atribuídas ao mesmo causador das anomalias de IP, pois os valores do campo magnético oscilam de maneira bastante caótica, não havendo uma coincidência regular das anomalias detectadas pelos diferentes métodos. Em consequência, os dados coletados impedem que se tome qualquer decisão segura no sentido de eliminar ou não a possibilidade de serem as anomalias de IP originadas por concentração de magnetita. Tudo indica que não há influência da magnetita, mas não se tem certeza.

Perfil 3 (anexo XL) - Neste perfil os valores de resistividade aparente variam bastante tanto no sentido vertical como no horizontal, aliás como ocorre no perfil 1. A faixa de variação situa-se entre 50 ohm.m e 300 ohm.m, com apenas um valor extremo de 500 ohm.m no nível 1 de leitura sob o piquete 1675.

Diversas anomalias de PFE foram detectadas, estando 70% das mesmas associadas ao derrame 7, o que aumenta a importância desse derrame na área de Vista Alegre.

Algumas anomalias são bastante significativas, tanto em intensidade como em extensão, além de coincidirem com elevados valores de MF. Uma delas, situada entre os piquetes 1.225 e 1.450, pode ser correlacionada à primeira anomalia comentada no perfil anterior, devendo estar associada ao derrame 9, correspondendo a um corpo situado entre 20 e 30 metros de profundidade, sem que haja anomalias magnéticas neste trecho, o que reduz a possibilidade de ser magnetita a causadora da anomalia. Uma segunda anomalia, situada entre os piquetes 1.475 e 1.500, está associada ao derrame 7, correspondendo a um corpo situado a 48 metros de profundidade, com valor máximo de PFE igual a 8%.

Os picos da magnetometria mais uma vez ocorrem de maneira aleatória, ora coincidentes com anomalias de IP, ora longe de qualquer coincidência, não sendo possível também a qui afirmar-se com certeza estar a magnetita causando ou não as anomalias de IP.

Com o espaçamento entre eletrodos utilizado, o derrame 11 não foi atingido e, o 10, apenas no trecho entre os piquetes 1.550 e 2.150.

Perfil 4 (anexo XLI) - Os valores de resistividade aparente neste perfil variam tanto quanto no anterior, com uma distribuição bastante irregular, sendo os va-

lores mínimos em torno de 50 ohm.m e os máximos pouco maiores que 400 ohm.m.

Foram detectadas apenas 5 anomalias de IP, sendo 4 correspondentes a um único ponto com PFE elevado e, destas, 3 estão associadas ao derrame 7. É possível que com mais níveis de leitura outras anomalias maiores fossem detectadas no derrame 7 como nos demais perfis, uma vez que aqui este derrame está mais profundo, encoberto pelos 8, 9, 10 e 11 em quase toda extensão do perfil.

A anomalia mais interessante, no entanto, ocorre entre os piquetes 1.450 e 1.500, devendo corresponder a um corpo situado a 20 metros de profundidade. Seu interesse deve-se à:

- (1) extensão da anomalia;
- (2) associação com o derrame 9, onde são conhecidas ocorrências de cobre em superfície; e
- (3) possível correlação com a anomalia forte do perfil 3, entre os piquetes 1.225 e 1.450.

O comportamento da magnetometria aqui é exatamente o mesmo dos perfis anteriores. Apresenta uma distribuição aleatória de picos positivos e negativos, sem coincidências regulares com anomalias de IP.

O derrame 11, sempre aflorante, não foi atingido em nenhum trecho do perfil, uma vez que sua espessura é menor que o alcance mínimo do método para o espaçamento usado entre os eletrodos. O derrame 10 possivelmente foi atingido em cerca de 50% do perfil.

Perfil 5 (anexo XLII) - Os valores de resisti-

vidade aparente variam entre cerca de 50 e 400 ohm.m, sendo que a partir do piquete 1.500 até o final do perfil a distribuição dos valores torna-se mais homogênea em torno de 100 ohm.m. Juntamente nesta faixa não foram detectadas anomalias de PFE. As poucas registradas encontram-se entre os piquetes 0 e 1.500, sendo estas de pequeno interesse. A única de extensão um pouco maior está associada ao derrame 7, em torno do piquete 700, a qual corresponderia a um corpo situado a cerca de 48 metros de profundidade.

O perfil magnético mantém aqui o mesmo comportamento dos perfis anteriores. Esse fato, aliado ao fraco resultado do IP, diferentemente dos perfis anteriores, leva-nos a reforçar a idéia de que não há relação entre o causador das anomalias magnéticas e das de IP, diminuindo a preocupação de que corpos de magnetita sejam confundidos com concentrações de cobre.

O derrame 11 não foi atingido, enquanto que o 10 apenas entre os piquetes 1.050 e 1.700.

Perfil 6 (anexo XLIII) - Os valores de resistividade aparente variam muito ao longo de todo o perfil, numa faixa que vai desde cerca de 50 ohm.m até quase 300 ohm.m.

Da mesma forma que o anterior, esse perfil tem pouco interesse, com apenas quatro anomalias de PFE sem maior expressão. Chama atenção o fato de que as três maiores associam-se ao derrame 7, nível registrado em quase toda a área. A mais significativa delas situa-se em torno do piquete 1.750, correspondendo a um corpo que estaria cerca de 35 metros de profundidade.

A magnetometria mais uma vez não mostra coincidência regular com anomalias de IP neste perfil. De fato, duas fortes anomalias magnéticas não tem nenhuma coincidência com

as anomalias de IP, enquanto que nos trechos destas os valores do campo magnético são bastante estáveis.

Neste perfil o derrame 11 não foi detectado, o 10 só foi atingido entre os piquetes 800 e 1.100, enquanto que o 9 entre 650 a 1.200 e 2.350 a 2.650.

Perfil 7 (anexo XLIV) - Os valores de resistividade aparente, a exemplo do perfil anterior, variam ao longo de todo o perfil entre 50 e 300 ohm.m.

Os resultados de PFE podem ser considerados insignificantes neste perfil, com apenas 5 pontos anômalos distintos, sendo apenas um maior que 6%. Quatro desses valores devem estar associados ao derrame 7.

A magnetometria apresentou resultados semelhantes aos dos outros perfis, sem correlação com anomalias de IP.

O derrame 11 não foi atingido, enquanto que o 10 somente entre os piquetes 1.100 e 1.300.

Integração dos Dados - Em toda a área de Vista Alegre os valores de resistividade aparente situam-se normalmente numa faixa entre 50 ohm.m e 400 ohm.m, com extremos de 20 ohm.m e 500 ohm.m, distribuídos irregularmente ao longo das seções. Não foi possível estabelecer uma relação entre os valores de resistividade aparente com os derrames basálticos da área de Vista Alegre.

Quanto aos valores de PFE, verificou-se um predomínio total de anomalias relacionadas ao derrame 7, muito embora algumas mais fortes associem-se com outros derrames, como é o caso da anomalia situada entre os piquetes 1.225 e 1.450 do perfil 3, correspondente ao derrame 9, e da anomalia situada entre os piquetes 2.250 e 2.300 do perfil 2, correspondente ao derrame 8. Em alguns casos, anomalias de per

fis vizinhos parecem correlacionarem-se entre si, mesmo com 500 metros de separação.

Os valores de MF praticamente não foram considerados na interpretação, chamando a atenção apenas os altíssimos valores registrados no perfil 2, que chegam a mais de 2.000 mho/m em pontos coincidentes com anomalias de PFE.

Os perfis magnéticos apresentaram uma distribuição irregular de picos positivos e negativos que devem estar associados às concentrações aleatórias de magnetita em solo e/ou rocha, mas, ao que tudo indica, não tem relação com as anomalias de IP.

Os efeitos da topografia não devem ter sido intensos, uma vez que não existe relação regular, em todos os perfis, de anomalias de IP com acidentes topográficos.

Ao longo de todos os perfis, com o espaçamento utilizado entre os eletrodos, o derrame 1 não deve ter sido atingido, enquanto que o 10 somente foi em alguns pequenos trechos, quando encoberto pelo 11.

5.2.2 - Área de Flor da Serra (Anexos XLV a LII)

Foram executados seis perfis paralelos, de direção E-W, com diferentes extensões, desde 400 metros no perfil 2, até 1.100 metros no perfil 5, e separados entre si de 200 metros. Somente nos perfis 3, 4 e 5 há trechos planos, suficientemente grandes, sobre o derrame 6, onde as condições para a aplicação do IP são boas. Nos demais perfis, muito pequenos e com quebras bruscas de topografia na passagem do derrame 5 para o 6, ou vice-versa, os resultados obtidos devem ser menos confiáveis.

Perfil 1 (anexo XLVII) - Os valores de resis-

tividade aparente variam de modo irregular, com um mínimo de 70 ohm.m e um máximo de 320 ohm.m.

Não foram detectadas anomalias de PFE neste perfil, que tem 450 metros de extensão. Apenas alguns valores elevados no nível 2, mas menores que 6%, provavelmente associados ao derrame 5.

O perfil de magnetometria apresenta comportamento irregular, com fortes picos positivos e negativos, que pela sua expressão linear sugerem que os mesmos são devidos às concentrações rasas de magnetita em solos e/ou rochas.

O derrame 6 não deve ter sido atingido com o espaçamento de 50 metros entre os eletrodos.

Perfil 2 (anexo XLVIII) - Neste perfil, com 400 metros de extensão, os valores de resistividade aparente situam-se na maior parte da seção entre 100 e 150 ohm.m. Uma variação brusca, chegando a 400 ohm.m entre os piquetes 300 e 350, está limitada aos níveis 1 e 2 de leitura.

Uma ampla, embora fraca anomalia de PFE ocorre entre os piquetes 225 e 350. Os valores anômalos ocorrem praticamente do nível 3 para baixo, a partir de 50 metros de profundidade, o que corresponderia a um corpo dentro do derrame 4. Esta anomalia situa-se, no entanto, em zona de forte quebra de topografia, reduzindo consideravelmente o grau de segurança quanto à profundidade do corpo e à sua própria existência, já que o efeito da variação topográfica pode ter atuado como fonte de anomalia.

A magnetometria detectou fortes picos positivos e negativos de pequena extensão, indicando concentrações bem rasas de magnetita, aparentemente dissociadas da causa que deu origem à anomalia de IP.

O derrame 6 em princípio não foi atingido com o espaçamento utilizado entre os eletrodos.

Perfil 3 (anexo XLIX) - Neste perfil, com 750 metros de extensão, os valores de resistividade aparente apresentam uma faixa de variação bastante ampla, desde 60 ohm.m até 450 ohm.m.

Duas anomalias de PFE foram detectadas. A primeira situada entre os piquetes 150 e 200, em zona de forte desnível topográfico. Ocorre a partir do nível 4, correspondendo a um corpo dentro do derrame 4, situado a cerca de 60 metros de profundidade. A segunda, maior e mais interessante, situa-se entre os piquetes 450 e 650, em zona relativamente plana, sendo que até o piquete 550 aparece do nível 3 para baixo (50 metros), o que coincide com o topo do derrame 4, e entre os piquetes 600 e 650 torna-se mais rasa, associando-se ao derrame 5 ou, menos provavelmente, ao 6. Neste último trecho pode tratar-se de magnetita, uma vez que tem-se valores anômalos do campo magnético, principalmente no piquete 600, onde ocorre um pico extremamente elevado, indicando possivelmente concentrações de magnetita praticamente na superfície.

A segunda anomalia deste perfil pode ser facilmente correlacionada à anomalia do perfil 2, conferindo maior importância às mesmas.

Com o espaçamento utilizado entre os eletrodos, o derrame 6 possivelmente não foi atingido.

Perfil 4 (anexo L) - Neste perfil, com 1.050 metros de extensão, os valores de resistividade aparente também variam bastante ao longo da seção, com extremos de 60 e 320 ohm.m.

Foram detectadas duas zonas com anomalias de PFE.

A primeira, entre os piquetes 250 e 475, é uma ampla faixa com valores iguais ou maiores que 6%, chegando até 8%. Corresponderia a um corpo no topo do derrame 5, mas pela extensão da faixa anômala, deve continuar em profundidade até o derrame 4. Está em zona de alta resistividade aparente, o que lhe diminui um pouco o interesse. Não há anomalia magnética coincidente. A segunda anomalia, entre os piquetes 500 e 650, pode ser correlacionada com a segunda do perfil 3 (item anterior), não coincidindo com as anomalias magnéticas. Ocorre do nível 1 para baixo (20 metros), correspondendo a um corpo no topo do derrame 5 com grande extensão em profundidade. Sua correlação com o perfil 3 a torna mais interessante, porém é fraca e com poucos valores.

O derrame 6 não deve ter sido atingido pelo mesmo motivo dos perfis anteriores.

Perfil 5 (anexo LI) - Neste perfil, com 1.100 metros de extensão, os valores de resistividade aparente variam desde cerca de 100 ohm.m até pouco mais de 300 ohm.m. Com uma distribuição bastante regular, os valores mais altos, acima de 150 ohm.m, situam-se nos 2 primeiros níveis (até 35 metros), enquanto que os valores menores que 150 ohm.m predominam nos demais níveis. Uma exceção se verifica na faixa entre os piquetes 150 e 350, em que tal regularidade não ocorre e os valores mais elevados aparecem em todos os níveis. Nesta faixa de resistividades maiores, entre os piquetes 250 e 325, um núcleo de valores mais baixos, à altura dos níveis 3 e 4, poderá ter algum interesse.

Quatro anomalias de PFE foram detectadas em zona onde não ocorrem anomalias magnéticas. A primeira, entre os piquetes 225 e 275, nos níveis 2 e 3, corresponderia ao derrame 5, podendo ser correlacionada à primeira anomalia do perfil 4. Praticamente coincide com o núcleo de valores baixos de resistividade acima comentado, o que lhe confere um

maior interesse. A segunda, entre os piquetes 275 e 325, nos níveis 5, 6 e 7 (a partir de 74 metros), corresponderia à zona média do derrame 4, da mesma forma que a terceira e quarta anomalias, respectivamente entre os piquetes 400 e 425, e 475 e 550.

Todas as anomalias situam-se em zona de valores mais elevados de MF na seção, embora esses valores não sejam muito altos, ficando normalmente abaixo de 300 mho/m.

As anomalias magnéticas ao longo do perfil ocorrem entre os piquetes 0 a 100, 750 a 900 e 1.000 a 1.100, não coincidindo em nenhum dos casos com anomalias de IP.

Em princípio o derrame 6 não foi atingido com 50 metros de separação entre os eletrodos.

Perfil 6 (anexo LII) - Neste perfil, com 600 metros de extensão, apresentando uma distribuição irregular, os valores de resistividade variam desde pouco mais de 50 ohm.m até quase 250 ohm.m.

Duas pequenas faixas anômalas de PFE foram detectadas, podendo corresponder a um mesmo corpo. A primeira (piquete 75) em trecho onde aflora o derrame 5 estaria associada ao topo do derrame 4, pois ocorre no nível 1, a cerca de 20 metros de profundidade. A segunda, entre os piquetes 275 e 300, sobre o derrame 6, ocorre nos níveis 5, 6 e 7, a uma profundidade a partir de 74 metros, correspondente à zona intermediária do derrame 4.

A importância dessas anomalias poderia ser maior se as mesmas não estivessem situadas em forte desnível topográfico e se não fossem coincidentes com forte anomalia magnética.

O derrame 6 não deve ter sido atingido com o espaçamento entre os eletrodos de 50 metros.

Integração dos Dados - Na área de Flor da Serra os valores de resistividade aparente situam-se entre 60 ohm.m e 450 ohm.m, com uma distribuição irregular ao longo das seções, aparentemente sem relação com os diferentes derrames.

Quanto aos valores de PFE, pode-se dizer que nesta área verificou-se um predomínio de anomalias relacionadas ao derrame 4, muito embora as maiores, com grande extensão, prolonguem-se desde o derrame 5 até o 4, revelando que os valores considerados anômalos aqui não estão limitados pelos diferentes derrames. Estas anomalias situadas nos perfis 2, 3, 4 e 5 podem ser correlacionadas entre si, sugerindo que as mesmas têm origem comum.

Os valores do MF praticamente não foram considerados na interpretação.

Os valores anômalos do campo magnético têm uma distribuição irregular, sem possibilidades de serem relacionados às anomalias de IP com suficiente segurança. Tudo indica que as concentrações de magnetita em solo e/ou rocha não afetaram o método, a não ser no trecho entre os piquetes 600 e 650 do perfil 3 em que os valores anômalos mais rasos de PFE poderiam estar associados ao grande pico positivo do campo magnético detectado no piquete 600.

O derrame 6 em princípio não foi atingido pelo método de IP com o espaçamento de 50 metros usado entre os eletrodos.

5.3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos para as áreas de Vista Alegre e Flor da Serra são em geral muito semelhantes. A partir dos critérios adotados na interpretação, foram detectadas várias anomalias de IP, algumas delas de real interesse. A magnetometria apresentou resultados apenas razoáveis, uma vez que os valores medidos ao longo dos perfis E-W, afastados de 500 metros na área de Vista Alegre e 200 metros na área de Flor da Serra, pouco oferecem em termos de segurança quanto à existência ou não de uma relação das anomalias de IP e concentrações de magnetita. No entanto, a irregularidade nas coincidências entre as anomalias dos dois métodos leva a crer que não existe essa relação.

Os resultados geofísicos, associados às informações geológicas (mapas geológicos, espessuras dos derrames, zonas mineralizadas, etc.), mostrou que os métodos aplicados tem condições de serem mais eficientes à medida que o conhecimento das áreas aumenta e os objetivos tornam-se mais claros. Neste sentido, são feitas a seguir algumas considerações relacionadas com os parâmetros empregados, visando trabalhos futuros que venham a ser realizados na área ou em outras regiões semelhantes.

- (1) Como o alcance mínimo para o IP no nível 1 de leitura, com separação de 50 metros entre os eletrodos, está em torno de 20 metros, os derrames aflorantes, com espessuras em geral inferiores a 20 metros, praticamente não foram atingidos. Neste caso estão os derrames 11 da área de Vista Alegre e 6 da área de Flor da Serra. Como se sabe que os derrames com possíveis depósitos de cobre estão em parte aflorando e em parte encobertos por derrames mais jovens, seria conveniente manter uma regulari-

dade na detecção dos derrames objetos de interesse, reduzindo o espaçamento entre os eletrodos ou fazendo leituras com nível de leitura menor que 1 nos casos em que o derrame possivelmente mineralizado estivesse aflorando.

- (2) O derrame 7 na área de Vista Alegre, quando dentro dos limites de alcance do IP, 20 metros para o nível 1 e 60 para o nível 4, apresentou o maior número de anomalias. No entanto, quando está encoberto por um maior número de derrames (8, 9, 10 e 11), ultrapassando a profundidade máxima de alcance do método com quatro níveis de leituras, o número de anomalias diminui sensivelmente, às vezes com pontos anômalos isolados no último nível, o que ocorre principalmente no perfil 4. Nestes trechos seria conveniente aumentar os níveis de leitura, visando confirmar ou não essas anomalias. Este procedimento deveria ser adotado ao longo dos trabalhos de campo para qualquer derrame que se revelasse interessante.
- (3) Os altos teores de magnetita encontrados em amostras de solo não devem ter afetado as medições de IP, uma vez que as espessuras dos solos são muito menores que o alcance mínimo do método para o nível 1 (20 metros).
- (4) A magnetometria em trabalhos futuros poderá fornecer resultados mais seguros se forem realizados detalhamentos magnéticos sobre as anomalias de IP considerados mais importantes, além dos perfis normais com os dois métodos coincidentes.

Por outro lado, deve ser salientado, apesar das res

trições feitas anteriormente, que o presente levantamento geofísico revelou algumas anomalias de grande interesse. Antes da realização de novos trabalhos nas áreas de Vista Alegre, Flor da Serra e em outras áreas basálticas semelhantes seria aconselhável testar algumas dessas anomalias com furos de sonda, objetivando verificar a possibilidade das mesmas terem suas origens em mineralizações de cobre. Caso esses resultados se mostrem favoráveis, as novas aplicações dos métodos empregados devem ser aprimoradas a partir das informações existentes. Para tanto selecionou-se três anomalias de IP, duas detectadas em Vista Alegre e uma em Flor da Serra, a seguir apresentadas por ordem de prioridade:

Área de Vista Alegre

Furo 1: perfil 3, piquete 1.375;
furo com 60 m de profundidade, visando o intervalo entre o topo do derrame 9 e o topo do 7.

Furo 2: perfil 2, piquete 2.275;
furo com 80 m de profundidade, visando o intervalo entre o topo do derrame 8 e o topo do 7.

Outras duas anomalias na área de Vista Alegre, entre os piquetes 1.800 e 1.850, e 2.400 e 2.500 (perfil 2), com grandes valores de PFE e MF, seriam de grande interesse caso não se situassem em trechos com forte desnível topográfico, o que reduz seu grau de confiabilidade.

Área de Flor da Serra

Furo 3: perfil 4, piquete 350;
furo com 60 m de profundidade, visando o

intervalo entre o topo do derrame 5 e o topo do derrame 4.

A realização desses furos permitirá testar os critérios adotados na interpretação, segundo a qual as anomalias selecionadas são devidas à presença de cobre, permitindo ainda verificar a validade da aplicação dos métodos geofísicos em trabalhos futuros de áreas semelhantes. Caso contrário, jamais se saberá exatamente se as anomalias detectadas refletem ou não mineralizações de cobre, perdendo ainda a geofísica a razão de ter sido realizada. Além disso, uma importante ferramenta de pesquisa auxiliar à geologia poderá estar sendo descartada antes mesmo de ser testada.

6. GEOLOGIA ECONÔMICA

6.1 - MINERALIZAÇÕES DE COBRE ASSOCIADAS AOS DERRAMES BASÁLTICOS

6.1.1 - Preliminares

Resultados Anteriores ao Projeto

Antes do início do Projeto Cobre em Itapiranga, a CPRM realizou alguns estudos preliminares com vistas ao cobre na porção NNW da região basáltica do Estado do Rio Grande do Sul. Estes estudos constaram da análise visual de perfis e de testemunhos de sondagem a percussão de mais de 100 poços tubulares de captação de água subterrânea executados pela CORSAN no planalto basáltico do Rio Grande do Sul e da coleta de 45 amostras de basaltos para determinação de cobre total (%). A análise dos perfis e dos testemunhos de cacha foi iniciada por Rheinheimer (1975) e retomada pela equipe do presente projeto. Neste trabalho constatou-se a presença de palhetas de cobre nativo e menor quantidade de grãos de crisocola e malaquita, às vezes associados com cuprita, em amostras fragmentadas de 19 poços, todos caracteristicamente localizados na região NNW do Estado do Rio Grande do Sul. Os intervalos com indícios de cobre, a localização dos poços e as características da rocha hospedeira estão reunidos na tabela XI a seguir.

A amostragem de rochas basálticas para determinação do percentual de cobre total foi realizada pelo geólogo Luis Edmundo Giffoni, em setembro de 1975, em dois perfis geológicos sem mineralizações de cobre conhecidas. Um perfil, entre as cidades de Caiçara e Vicente Dutra, dentro da área do projeto (anexo IX) e, outro, entre o rio Amandaú e

INDÍCIOS DE COBRE EM POÇOS TUBULARES EXECUTADOS PELA CORSAN									
MUNICÍPIO	LOCAL	POÇO		INDÍCIO DE COBRE NA AMOSTRA DE CALHA					
		SIGLA	COTA DA BOCA(m)	INTERVALO (m) Ou nº Amostra(nº)	Cu NATIVO	OXIDADOS	Nº VISÍVEL DE		ROCHA HOSPEDEIRA (Basalto)
							PALHETAS	PEPITAS	
CAIÇARA	Sede do município	G-596-CAI 3	560	28,5 - 36,5 m	X		22		Cinza escuro, quebradiço
CAIÇARA	Sede do município	G-598-CAI 3	560	até 29 m	X		5		Parcialmente alterado e quebradiço
				71 - 89 m	X		10 a 15		Cinza pardo, muito quebradiço
SEBERI	Próximo a Procoópio de Queiroz	G-457-SEB 2	520	135 - 151 m	X		5		Cinza esverdeado, quebradiço
				155 - 157 m	X		3		Pouco quebradiço, com óxido de Fe
				171 - 179 m	X		5		Cinza escuro, pouco quebradiço
SEBERI	Sede do município	G-644-SEB 6	520	46 - 68 m	X		4 a 6		Castanho, parcialmente alterado
				76 - 84 m	X		8 a 10		Amigdalóide, cinza escuro, quebradiço
				94 - 118 m	X		8 a 10		Brechoíde, vesicular
SEBERI	Sede do município	G-464-SEB 3	520	17 - 19 m	X		3	Amigdalóide, castanho, quebradiço	
SANTO CRISTO	Rua Goiás entre Ruas Mal. Deodoro e D. Pedro II	G-52-SC 1	280	96,5 - 117 m	X		raras		Castanho escuro, fino
SANTO CRISTO	Rua Goiás a 80 m do poço Nº 652 SC 1	G-55-SC 2	280	19,3 - 50 m	X		raras		Amigdalóide, cinza acastanhado
				50 - 65 m	X		raras		Amigdalóide, castanho escuro
BOA VISTA DO BURICÁ	Esquina da Rua Cristóvão Colombo e Av. São José	G-504-BVB 1	280	68,4 - 97,3 m	X		raras		Castanho escuro
				105,3 - 126 m	X		raras		Amigdalóide
BOA VISTA DO BURICÁ	Sede do município	G-653-BVB 6	280	28,5 - 36,4 m	X		8 a 10		Cinza escuro, quebradiço
				63 - 70 m	X		10 a 15		Cinza quebradiço
				70 - 81 m	X		20 a 30		Cinza, alterado, muito quebradiço
				84 - 100 m	X	X	10 a 15	2	Amigdalóide, muito quebradiço
SÃO NICOLAU	Fonte do Chafariz	G-720-SNI 2	400	32 - 40 m		X		3	Preto, pouco quebradiço
SANTO AUGUSTO	Entre Machado de Assis e Paraná	G-706-SAU 4	520	38 - 44 m		X		5	Amigdalóide, cinza, quebradiço
SALVADOR DO SUL	Sede do município	G-577-SS 1	450	Nº 15 a 19		X		10	Vítreo, preto, quebradiço
				Nº 26 a 29		X		5	Vítreo, preto, quebradiço
				Nº 96 a 107		X		8 a 10	Brecha vulcânica
				Nº 117 a 126		X	raras	3 a 5	Vítreo, muito quebradiço
CAIBATÉ	Próximo Fonte pública	G-602-CT 3	250	59 m	X	X	raras	3 a 5	Brecha vulcânica, muito quebradiço
				68 - 92 m	X	X	raras	2 a 4	Amigdalóide
				Nº 50 a 55	X		raras		Preto, muito quebradiço
				92 - 130 m		X		10	Brecha vulcânica
ALPESTRE	Junto a sanga Águas claras	G-491-ALP 1	440	Nº 6 a 9		X		2	Preto, quebradiço
				Nº 13 a 19		X		1	Preto, quebradiço
COLORADO	Rua Rui Barbosa próximo à sanga	G-613-COL 2	400	14,8 - 16 m	X		2 a 3		Brecha vulcânica
				45,5 - 46 m	X		4 a 5		Micro-cristalino
CERRO LARGO	Rua Major Antonio Cardoso	G-148-CL 2	200	26,1 m	X		3 a 6		Brecha vulcânica
SÃO MARTINHO	Av. Perimetral Sul	G-526-SMR 2	360	96 - 122 m	X		5		Cinza esverdeado, muito quebradiço
IJUÍ	R. Dom Vital, entre rua 6 e o ferrovia	G-530-IJ 1	310	65 - 73 m	X		8		Cinza, granulação fina
HORIZONTINA	Rua Bela Vista	G-41-HO 2	320	100 - 147 m	X		raras		Amigdalóide, castanho, fino

Tabela XII

Cobre Total de Basaltos. Perfil Caiçara-Vicente Dutra.
 Área do Projeto Cobre em Itapiranga.

Nº DA AMOSTRA	COBRE TOTAL %	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (Ponto de amostragem)	
002	0,10	27° 15' 45" S	e 53° 25' 45" W
003	0,10	27° 14' 35" S	e 53° 23' 40" W
004	0,06	27° 13' 30" S	e 53° 23' 00" W
005	0,07	27° 13' 15" S	e 53° 22' 35" W
006	—	27° 12' 40" S	e 53° 22' 35" W
007	0,08	27° 11' 35" S	e 53° 23' 35" W
008	—	27° 11' 38" S	e 53° 23' 40" W
009	—	27° 11' 25" S	e 53° 24' 20" W
010	0,08	27° 11' 05" S	e 53° 24' 30" W
011	—	27° 08' 30" S	e 53° 24' 00" W
012	0,08	27° 08' 45" S	e 53° 24' 30" W
013	—	27° 09' 32" S	e 53° 24' 20" W
014	—	27° 10' 30" S	e 53° 24' 40" W
015	0,09	27° 10' 45" S	e 53° 24' 40" W
016	0,12	27° 10' 50" S	e 53° 24' 35" W
017	—	27° 11' 00" S	e 53° 24' 30" W
018	0,08	27° 11' 25" S	e 53° 24' 10" W
019	—	27° 11' 30" S	e 53° 23' 50" W
020	0,08	27° 11' 35" S	e 53° 23' 53" W
021	—	27° 11' 50" S	e 53° 23' 10" W
022	—	27° 12' 00" S	e 53° 22' 55" W
023	0,09	27° 16' 10" S	e 53° 25' 25" W
024	0,09	27° 16' 12" S	e 53° 26' 25" W
025	0,10	27° 15' 45" S	e 53° 26' 40" W
026	—	27° 15' 10" S	e 53° 26' 25" W
027	—	27° 12' 30" S	e 53° 26' 40" W
028	—	27° 12' 20" S	e 53° 26' 55" W
029	0,10	27° 11' 45" S	e 53° 27' 50" W
030	—	27° 12' 10" S	e 53° 27' 00" W
031	0,09	27° 16' 13" S	e 53° 26' 05" W
032	0,07	27° 16' 13" S	e 53° 25' 50" W
033	0,08	27° 17' 35" S	e 53° 25' 00" W

Amostras coletadas pelo geólogo Luis Edmundo Giffoni e analisadas no Laboratório do Projeto Lixiviação de Cobre no RS, 1975.

Linha Arnaldo, no município de Santo Cristo, fora da área do projeto. As amostras, analisadas pelo engenheiro de minas Slawomir Piatnicki, revelaram os resultados das tabelas XII e XIII. Os basaltos de Santo Cristo apresentaram uma média aritmética do teor cobre total de 0,062% (620 ppm), inferior ao valor correspondente de cobre total dos basaltos do perfil Caiçara-Vicente Dutra, de 0,086% (860 ppm). Neste último perfil os valores de cobre total variaram na faixa de 0,06 a 0,12%.

Tabela XIII

Cobre Total de Basaltos. Perfil rio Amandaú -
 Linha Arnaldo. Município de Santo Cristo.
 Fora da Área do Projeto Cobre em Itapiranga.

Nº DA AMOSTRA	COBRE TOTAL %	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (Ponto de amostragem)
38	—	27°51'25" S e 54°43'45" W
39	0,06	27°51'33" S e 54°44'00" W
40	0,07	27°51'30" S e 54°44'07" W
41	0,05	27°51'45" S e 54°44'30" W
42	0,05	27°51'45" S e 54°44'30" W
43	—	27°51'55" S e 54°45'30" W
44	0,08	27°51'50" S e 54°45'30" W
45	—	27°51'48" S e 54°45'50" W

Amostras coletadas pelo geólogo Luis Edmundo Giffoni e analisadas no Laboratório do Projeto Lixiviação de Cobre no RS, 1975.

Estes valores médios são bem maiores que aqueles alcançados na fase de prospecção geoquímica de rochas para os basaltos não mineralizados da área do projeto, cuja média aritmética

situa-se em torno de 190 ppm a partir das análises de absorção atômica e 239 ppm com base nas análises espectrográficas semiquantitativas. Estas diferenças nos teores médios de cobre de basaltos não mineralizados são atribuídas essencialmente às características analíticas peculiares aos diversos métodos utilizados.

Cadastro das Ocorrências. Uma Apreciação

O registro completo das ocorrências de cobre, com uma avaliação sumária, foi efetuado em fichas de cadastro especialmente preparadas para esse projeto, enfocando as peculiaridades dos depósitos cupríferos de derrames basálticos, conforme modelo da folha seguinte.

Todas as ocorrências estão assinaladas nos mapas geológicos regionais em escala 1:50.000 (anexos VI a IX) e das áreas-alvo em escala 1:10.000 (anexos XI a XX), com indicação do derrame e da zona nas quais estão contidos.

Uma apreciação sucinta das fichas de cadastro mineral (anexo V) revela que foram registradas 86 ocorrências de cobre nos derrames basálticos englobados pela área do projeto, assim catalogadas:

Em relação ao tipo genético:

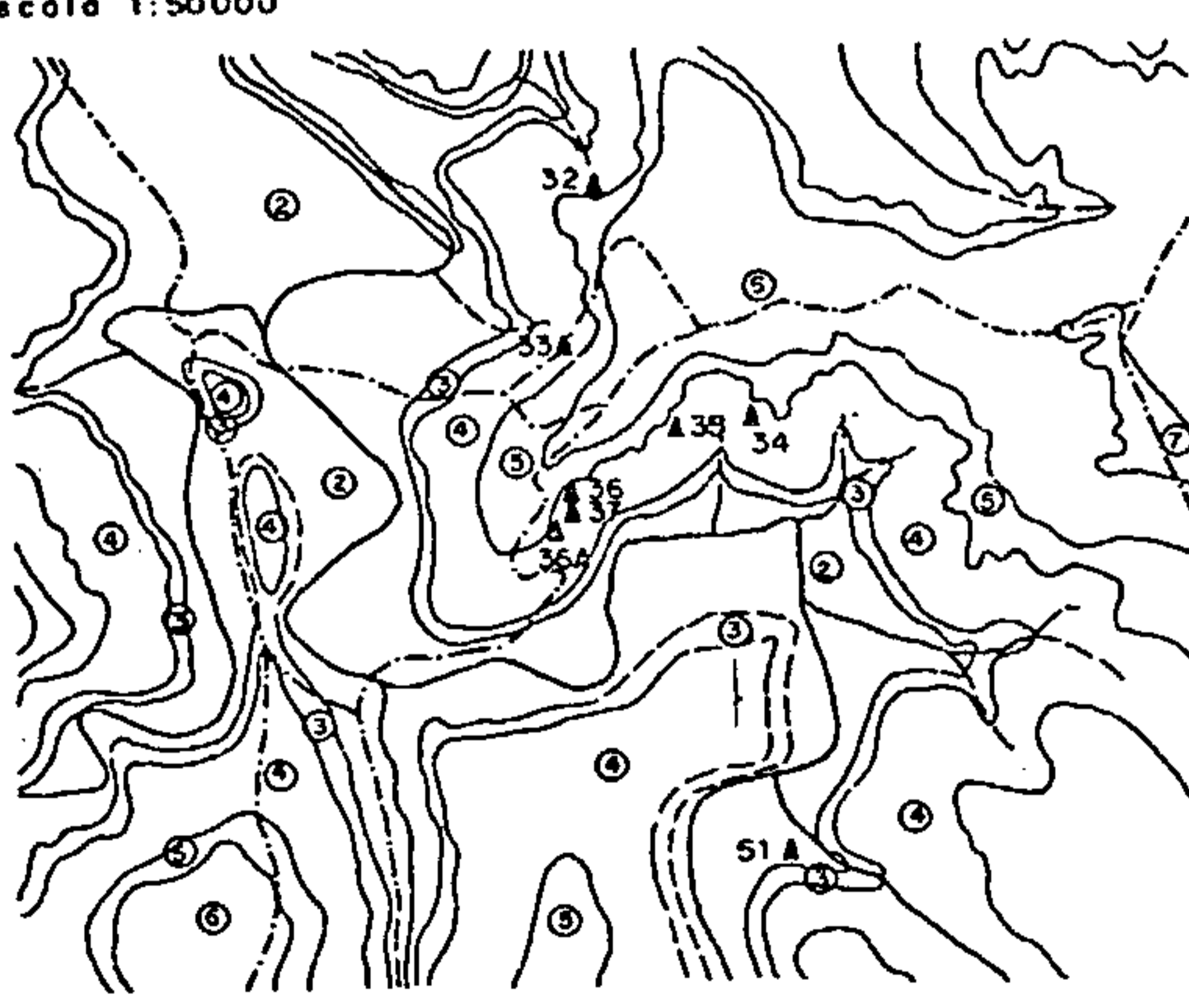
- 66 ocorrências do tipo de intemperismo, constituídas principalmente de minerais oxidados de cobre (tenorita, cuprita, crisocola, malaquita e azurita) e pouco cobre nativo, sendo 64 de preenchimento de vazios da zona vesículo-amigdaloidal e 2 de preenchimento de pequenas fraturas da zona intermediária;

/10/ 1977

CADASTRO DE
OCORRÊNCIAS MINERAIS

PRINCIPAL MINÉRIO OU ELEMENTO ECONÔMICO
OXIDADOS DE COBRE

Nº DA OCORRÊNCIA
033

SITUAÇÃO GEOGRÁFICA	ESTADO RS	MUNICÍPIO Tenente Portela	DISTRITO Capoeira Grande	POVOADO Flor da Serra	
PROPRIETÁRIO DAS TERRAS Olavo Cardoso e Joceli da Rosa.					
A F O T O G R A F I A	Nº 4783	FX. 82	VIA DE ACESSO OU PONTO DE REFERÊNCIA Estrada municipal Tenente Portela - Itapiranga. Aproximadamente 2,5 Km a SW de Esquina Jaboticaba.		
	ANO 1.975 Esc. 1:25.000				
	EXEC. SACS.				
COORDENADAS UTM		ALTITUDE	MAPA-BASE (UTILIZADO PARA LOCALIZAÇÃO)		
N	6985750 m	360	Mapa Geológico da Área-Alvo de Flor da Serra.		
E	225200 m	m	ESCALA 1:10.000	ANO 1.979	
TOPOGRAFIA LOCAL	<input type="checkbox"/> Forte ondulada <input checked="" type="checkbox"/> Ondulada	<input type="checkbox"/> Encosta íngreme <input checked="" type="checkbox"/> Encosta suave	<input type="checkbox"/> Plano alta <input type="checkbox"/> Plano baixa		
INTEMPERISMO (SOLOS) Solo raso, argiloso (Ciríaco), às vezes espesso (Erechim).					
FORMA DE OCORRÊNCIA <input type="checkbox"/> Disseminação no rocha <input checked="" type="checkbox"/> Preench. de vesículas <input type="checkbox"/> Outro: <input type="checkbox"/> Inclusão em quartzo <input type="checkbox"/> Preench. de fraturas			GEOLOGIA REGIONAL E LOCAL Lavas basálticas empilhadas e horizontalizadas, em nº de 7 na área. O derrame mineralizado (nº 4) tem grande espessura (75 m). No seu topo aparece nível delgado e descontínuo de arenito.		
ROCHA HOSPEDEIRA: Basalto cast. escuro, fino, amigdalóide. ZONA MINERALIZADA DO DERRAME: Amigdalóide MINERAIS METÁLICOS: Cobre nativo, cuprita, magnetita, tenorita, crisocôla, azurita. NÃO METÁLICOS: Calcita, quartzo, celadonita, vidro, zeolitas. ALTERAÇÕES: Cloritização. TIPO GENÉTICO: Intemperismo.			PLANTA OU PERFIL ESQUEMÁTICO Escala 1:50000 		
DIMENSÕES DA ZONA MINERALIZADA A zona amigd. tem cerca de 10 m espessura. A mineralização está confinada no seu topo, de modo muito errático.					
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA SZUBERT, E. C.; GRAZIA, C. A. & SHINTAKU, I. - Projeto Cobre em Itapiranga. Relatório Inédito. Porto Alegre. CPRM/DNPM. 1979. 3V.					
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES Esta ocorrência pertence a um conjunto de ocorrências (nºs 32, 33, 34, 35, 36, 36 A e 37) localizadas sempre na mesma zona de um mesmo derrame. Constituem a mineralização de Flor da Serra e o derrame também é o mesmo que aparece com Cu em Macaco Branco.					

- 19 ocorrências do tipo tardi-magmático, constituídas de disseminações finas de cobre nativo no seio da rocha, constatando-se 16 em basaltos da zona de disjunção vertical e 3 em basaltos das porções superiores dos derrames; e
- 1 ocorrência de cobre nativo, incluso em cristais hialinos de quartzo, em basaltos da zona de disjunção horizontal superior, provavelmente de origem hidrotermal.

Em relação aos derrames basálticos:

- As ocorrências do tipo intemperismo localizam-se via de regra nas partes mais altas da topografia, correspondendo comumente ao topo do penúltimo e/ou antepenúltimo derrames. Embora o controle seja essencialmente topográfico, constatou-se que várias dessas ocorrências situam-se em um único derrame. Assim, 15 ocorrências foram registradas no derrame nº 9 da folha Frederico Westphalen (anexo IX), entre as áreas de Vista Alegre e Linha União, e 6 ocorrências no derrame nº 4 da área-alvo de Flor da Serra (anexo XIV);
- As disseminações tardi-magmáticas de cobre nativo localizam-se preferencialmente na zona intermediária de derrames mais espessos, como é o caso do derrame nº 4 da área de Macaco Branco (espessura: 60 m), com 8 ocorrências ou indícios registrados.

Em relação a possíveis áreas mineralizadas:

- A zona amigdalóide do antes referido derrame nº 9 da folha Frederico Westphalen, especialmente

entre as áreas de Vista Alegre e São Judas Tadeu, pode caracterizar uma zona mineralizada, embora o caráter descontínuo e errático desse tipo de mineralização; da mesma forma, o derrame nº 4 da área de Flor da Serra, com pequenas ocorrências esparsamente distribuídas em um mesmo nível, poderia constituir uma área mineralizada;

- A zona intermediária do derrame nº 4 de Macaco Branco, com disseminações de cobre nativo, também apresenta características de uma zona mineralizada em torno da ocorrência principal da pedreira da prefeitura de Itapiranga (ficha de cadastro nº 13), mas com limites indefinidos (anexo XI).

Em relação aos municípios:

Registrou-se 30 ocorrências de cobre na área do município de Frederico Westphalen, 16 em Itapiranga, 16 em Tenente Portela, 9 em Palmitinhos, 8 em Caiçara, 5 em Vicente Dutra e 2 em Seberi.

Comparações com Outras Regiões

No Brasil - Na província basáltica da Bacia do Paraná são conhecidas numerosas ocorrências de cobre nativo e oxidados de cobre, a grande maioria localizada na porção sudoeste do Estado do Paraná, numa região delimitada aproximadamente pelas cidades de Realeza, Guarapuava e Cascavel. Outras ocorrências esparsas aparecem nos municípios de Descanso e São Miguel d'Oeste, no extremo-oeste catarinense, a NW do Paraná (Guaíra) e ao sul do limite entre os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. Todas essas ocorrências, incluindo aquelas do NNW do Rio Grande do Sul e de Itapiranga

(SC), objetos de estudo do presente projeto, constituem uma ampla faixa de basaltos cupríferos, de direção N-S, levemente infletida para W, que se estende desde o NNW do Rio Grande do Sul até o S do Mato Grosso do Sul (fig. 34).

As amostras de basaltos vesículo-amigdaloidais com mineralização cuprífera e as descrições de relatórios inéditos dessa região fornecem elementos que permitem classificar esses depósitos de cobre como do tipo de intemperismo, formados em condições propícias de relevo e de percolação das águas superficiais em áreas de basaltos anormalmente enriquecidos em cobre.

Não associadas às rochas basálticas, duas outras ocorrências de cobre nativo merecem referência pela sua singularidade e pela possibilidade de terem uma origem similar aos depósitos de cobre de intemperismo relacionados aos derrames basálticos.

A primeira aparece em Contendas do Sincorã (BA), associada com metamorfitos de baixo e médio graus. De acordo com Ribeiro Filho (1974), os minerais de cobre que ocorrem cimentando um metarenito dessa ocorrência são calcocita, covelita, cobre nativo, cuprita, crisocola e malaquita, sendo que esses dois últimos exibem texturas coliformes. O modo de ocorrência, a mineralogia e as texturas coliformes indicam um ambiente de formação em condições meteóricas que encontra suporte no diagrama de Eh-pH (Garrels e Christ, 1965) (fig. 32) para depósitos de cobre a 25°C de temperatura, 1 atmosfera total de pressão, com H₂O, O₂, CO₂ e S no sistema.

A outra ocorrência, denominada Salsinho, aparece em Caçapava do Sul (RS), associada a conglomerados petromícticos eopaleozóicos da Formação Santa Bárbara. Os minerais de cobre estão representados, em superfície, por cuprita e malaquita envolvendo núcleos de cobre nativo e, em subsuper

fície, essencialmente por cobre nativo; esses minerais substituem o cimento do conglomerado ou formam filmes de cobre nativo em microfraturas (Beckel *et alii*, 1978). As semelhanças dessa ocorrência com os depósitos de cobre dos derrames basálticos referem-se à mineralogia, relações texturais, posição espacial e aos modos de ocorrência dos minerais de cobre. A diferença fundamental entre esses dois tipos de depósitos reside na natureza da rocha encaixante.

Em Salsinho obteve-se um teor médio de cobre de 0,3%, com um valor máximo de 2,2%, conforme Beckel *et alii* (*op. cit.*). Esta mineralização foi interpretada pelos autores citados como sendo estratiforme, provavelmente singenética.

Em Outros Países - A presença de cobre nativo em lavas basálticas tem ampla distribuição por todo o mundo, sendo conhecidas mais de 30 áreas de ocorrências nos seguintes países: Canadá, Estados Unidos (10 áreas), Colômbia, Noruega, Iugoslávia, Alemanha, Polônia (3 áreas), Suíça, Escócia, China, Austrália, Nova Guiné, União Soviética (4 áreas) e Brasil. Todas as ocorrências individuais são referidas por Cornwall (1956).

À semelhança do que ocorre na província basáltica da Bacia do Paraná, na maioria das áreas cupríferas conhecidas, certos derrames contêm moderadas quantidades de cobre nativo finamente disseminado, sendo que nos demais derrames o teor de cobre é baixo, não se detectando mineralização visível.

A mineralogia é semelhante na totalidade dos depósitos. Os minerais secundários associados são, em ordem decrescente de abundância: calcita, quartzo, epidoto, clorita, prenhita, calcedônia, zeolitas e datolita. Nos basaltos cupríferos da Bacia do Paraná comparecem todos esses minerais, e ainda a celadonita, estando ausentes apenas o epi-

doto e a datolita.

A presença de cobre sulfetado e de outros sulfetos não é muito comum. Em áreas basálticas com sulfetos, aparecem calcocita e covelita, os sulfetos pobres em enxofre, e raramente calcopirita e bornita, sugerindo uma deficiência de enxofre no ambiente de formação das lavas basálticas.

De acordo com Cornwall (1956), o cobre associado às lavas máficas pode ser classificado em duas categorias:

- (1) disseminações primárias de cobre, principalmente na forma nativa, correspondendo aos depósitos magmáticos tardios da área do projeto; e
- (2) concentrações epigenéticas de cobre nativo em zonas permeáveis da seqüência de lavas ou de rochas adjacentes a ela, as quais são comparáveis aos depósitos de intemperismo do presente estudo.

Os dois tipos de ocorrência estão muito bem representados no Distrito de Cobre do Lago Superior, Michigan (USA), por lavas amigdaloidais e camadas de conglomerados da Série *Portage Lake Lava*, de idade pré-cambriana (*Keweenaw* médio).

Os basaltos do primeiro tipo contêm 10 a 400 ppm de cobre, em grãos intersticiais finamente disseminados na parte maciça dos derrames (Cornwall, 1956). Os basaltos da zona maciça do derrame nº 4 de Macaco Branco alcançaram valores máximos de cobre mais elevados (tabela XVII).

Da mesma forma que acontece com os basaltos cupríferos da área do projeto, o cobre nativo dessas disseminações primárias do Distrito de Michigan tanto aparece em grãos

intersticiais visíveis macroscopicamente como fazendo parte da estrutura de alguns minerais (magnetita, ilmenita, augita, clorita e labradorita) formadores dos basaltos.

As concentrações epigenéticas do segundo tipo constituem os principais depósitos econômicos do Distrito do Lago Superior, estando localizadas nas seguintes situações:

- (1) nos espaços vazios do topo amigdalóide de certos derrames;
- (2) em conglomerados fêlsicos intercalados entre alguns derrames; e
- (3) preenchendo fissuras que cortam a seqüência de lavas e as camadas conglomeráticas.

Os basaltos amigdaloidais com cobre se distribuem por 7 horizontes, denominados de Baltic, Kearsarge, Pewabic, Osceola, Isle Royale, Atlantic e Winona. O cobre ocorre nas amígdalas com calcita, epidoto, quartzo, clorita, prenhita e zeolitas (Stoiber e Davidson, 1959) e disseminado nas lavas. Rara prata nativa acompanha o cobre em alguns locais, em quantidades muito pequenas que não atingem 0,4% do total de cobre (White, 1967). Também pequenas quantidades de calcocita aparecem nas vesículas de alguns derrames, invariavelmente associadas com diques de andesitos (Robertson, 1975) ou em arenitos e folhelhos intercalados nas camadas conglomeráticas (Broderick, 1952).

Segundo Lindgren (1933), os minérios amigdaloidais têm um teor médio de 0,88% de cobre que varia entre 0,5 e 2,1%. Para White (1967), o cobre dos basaltos amigdalóides é responsável por 58% da produção de cobre do Distrito do Lago Superior.

Os conglomerados são constituídos de seixos, pe-

dras e matacões de riolitos, subordinadamente basaltos, em matriz arenosa.

São conhecidas várias camadas de conglomerados e arenitos intercalados entre as lavas basálticas. A mais famosa é a Calumet & Hecla, de onde se extraiu cerca de 39,1% do cobre produzido no distrito (White, *op. cit.*). Outro corpo conhecido é o Conglomerado Harbor de White Pine, no qual a mineralização de cobre nativo e calcocita restringe-se a um arenito clorítico. As ocorrências de cobre sedimentar do Cerro dos Martins, Caçapava do Sul (RS), são consideradas do tipo *White Pine*, Michigan (Chaban *et alii*, 1978).

O teor de minério, lavrável economicamente nas camadas conglomeráticas, tem decrescido desde 4% de cobre até 1,5%, segundo Lindgren (1933). Este teor econômico deve ser menor atualmente.

O terceiro tipo de ocorrência de minério de cobre refere-se ao preenchimento de fraturas, de onde já se retirou muito cobre no passado, mas de pequena importância atualmente (Lindgren, *op. cit.*).

Com base nesta descrição resumida dos depósitos de cobre do Distrito de Michigan pode-se dizer que há uma boa semelhança com as mineralizações cupríferas dos derrames basálticos da Bacia do Paranã, no que se refere à mineralogia e aos modos e formas de ocorrência dos minerais de cobre e de ganga. As diferenças essenciais estão relacionadas à geologia, no que tange à idade, bem mais antiga, à intensa deformação e às intercalações de camadas de conglomerados e arenitos na seqüência vulcânica do citado distrito. As rochas vulcânicas de ambas as províncias são representadas por espessas seqüências de lavas basálticas na base, culminando com efusões riolíticas no topo.

A maior concentração econômica e a grande persis

tência lateral das mineralizações de cobre no Distrito de Michigan talvez possam ser explicadas principalmente pela existência de amplas zonas permeáveis entre suas rochas, representadas por lavas vesiculares muito fragmentadas e por conglomerados e arenitos. Outras explicações devem estar relacionadas aos tipos e às intensidades dos processos que deram origem aos depósitos cupríferos desse distrito.

Com interesse econômico bem menor, merecem referência ainda três outras ocorrências de cobre associadas com lavas basálticas. A primeira localizada a leste de Oregon (USA), ao longo do vale do rio Snake, onde extensa área apresenta-se coberta por derrames basálticos permianos ou mesozóicos, contendo disseminações de cobre nativo e calcocita, já lavrados com baixo rendimento econômico (Lindgren, 1933).

Outra ocorrência de interesse situa-se na região de White River, Alaska, onde basaltos amigdaloidais, tufos e brechas são interacamados com sedimentos carboníferos. Aparecem calcopirita, calcocita e cobre nativo associados às lavas basálticas e em depósitos de *placer* (Lindgren, *op. cit.*).

Ainda no Alaska (Kennecott) são conhecidos depósitos de cobre e subordinadamente prata, que têm sido minerados desde 1911. Ocorrem em calcários dolomíticos em contato inclinado com derrames basálticos. Na mineralogia domina a calcocita, aparecendo também covelita, enargita, prata nativa, cobre nativo, cuprita e malaquita (Bateman, 1942).

6.1.2 - Metalogenia

As mineralizações de cobre associadas aos derrames basálticos foram classificadas em dois tipos bem distintos, denominados de depósitos de intemperismo e tardi-magnéti-

cos. Os primeiros são mais comuns e resultam do preenchimento por minerais de cobre dos espaços abertos existentes na zona vesículo-amigdaloidal e outras porções superficiais dos derrames basálticos. Os depósitos tardi-magmáticos são representados por disseminações finas de cobre nativo, esparsas no seio dos basaltos, especialmente na zona intermediária dos derrames. Um possível terceiro tipo de depósito, constituído de lamelas dendríticas de cobre nativo e pouca cuprita confinadas em microfraturas dos basaltos da zona intermediária, parece estar relacionado aos depósitos tardi-magmáticos. As mesmas microfraturas cupríferas, quando submetidas às condições de meteorização, transformam-se em depósitos de intemperismo, ricos em minerais oxidados de cobre e com texturas coliformes.

A seguir serão abordados os mecanismos controladores desses dois tipos principais de depósitos cupríferos e outros aspectos relacionados à sua metalogenia.

(1) Depósitos de Intemperismo

Posicionamento nos Derrames e Áreas de Ocorrências

Os depósitos de intemperismo constituem as ocorrências de cobre mais frequentes encontradas nos derrames basálticos da área do projeto.

A quase totalidade dos depósitos de intemperismo são superficiais e ocorrem preenchendo parcial ou totalmente as vesículas, fraturas e outros espaços abertos existentes na zona vesículo-amigdaloidal dos derrames basálticos. Formam concentrações locais de pequena envergadura, do tipo bolsão, sem continuidade lateral, pelo menos nas porções expostas da superfície. Aparecem principalmente na base da zona amigdalóide, junto ao contato transicional com a zona

de fraturamento horizontal, onde o relevo se suaviza (fig. 30), oferecendo condições para a precipitação dos minerais de cobre. Menos comumente, ocorrem no topo da zona vesículo-amigdaloidal e mesmo na sua porção mais superficial, onde se desenvolvem os processos de alteração e de formação de solos, sugerindo que a precipitação dos minerais de cobre está relacionada com a variação do nível freático, semelhantemente ao que acontece com os depósitos de sulfetos supergênicos. As amostras mais expressivas, com até 50 cm de diâmetro e mais de 100 kg, são encontradas nesta porção superficial da zona amigdalóide, em meio ao material argiloso proveniente da decomposição das rochas basálticos.

A presença de minerais de cobre em depósitos de intemperismo foi constatada também abaixo da superfície, até cerca de 10 m de profundidade, em microfissuras ou juntas da zona intermediária dos derrames. São ocorrências mais raras que se verificam em derrames parcialmente erodidos, nos quais a zona intermediária de fraturas verticais normalmente é aflorante, criando condições de penetração do oxigênio atmosférico e de circulação das águas superficiais.

Em nenhum local encontrou-se depósitos de cobre de intemperismo preenchendo os espaços vazios das zonas de fraturamento horizontal da parte superior e da base dos derrames basálticos, em razão possivelmente da grande abertura das fraturas horizontais, que oferecem condições mais favoráveis aos processos de lixiviação em detrimento das possibilidades de deposição ou preservação dos minerais de cobre.

As ocorrências de cobre do tipo intemperismo estão amplamente distribuídas por toda a área do projeto, com exceção do quadrante nordeste (folha Mondaí, anexo VII), mas concentram-se em algumas áreas particulares, formando o que poderia se chamar de áreas mineralizadas. As principais áreas

reas de ocorrências ou mineralizadas são as seguintes:

(Vista Alegre - São Paulo - São Judas Tadeu) (anexos XVII, XVIII e XIX): nestas três áreas (folha Frederico Westphalen anexo IX), contínuas geograficamente, registrou-se 25 ocorrências de cobre do tipo intemperismo, principalmente na zona amigdalóide do derrame nº 9 (15 indícios), mas aparecendo também no topo dos derrames nºs 8, 10 e 11, na área de Vista Alegre. É a maior área em extensão e deve conter muitos outros depósitos de cobre desse tipo além dos detectados.

(Flor da Serra - Esquina Jaboticaba) (anexo XIV): especialmente em Flor da Serra foram identificadas ocorrências cupríferas bem significativas, todas no contato das zonas amigdalóide e de disjunção horizontal do derrame nº 4, sob evidente controle geomorfológico. Em direção das localidades de Esquina Jaboticaba e Capoeira Grande (anexo VIII) existem condições favoráveis para a existência de outros depósitos de cobre no referido derrame nº 4.

(Linha Morais - Linha Mendes) (anexo XX): esta área, localizada no município de Caiçara, é caracterizada por 6 ocorrências de minerais oxidados de cobre, todas no topo amigdalóide do derrame nº 6. São ocorrências pequenas, localizadas em idênticas condições geomorfológicas e de percolação das águas superficiais.

(Derrubadas - Olhos d'Água) (anexo VIII): representada por um pequeno conjunto de ocorrências amigdaloidais inexpressivas em depósitos superficiais de derrames basálticos diferentes. Aparece no extremo sudoeste da área do projeto, no município de Tenente Portela.

(Linha União) (anexo XVI): trata-se de uma pequena área localizada no município de Palmitinhos que foi escolhida como alvo para a prospecção geoquímica de solos em vir-

tude da detecção de 4 ocorrências de cobre em derrames diferentes. Os valores de cobre em solos revelaram-se em geral muito baixos, com raras anomalias pontuais de *seepage*.

Minerais de Cobre e Associados

O quadro metalogenético das mineralizações de cobre associadas aos derrames basálticos começa a se desenharm a partir da análise do conteúdo mineral dos depósitos de intemperismo e tem continuação nos itens seguintes desse relatório.

O conteúdo mineral é representado predominantemente por minerais oxidados de cobre, entre os quais destacam-se a malaquita e a crisocola, atapetando as cavidades abertas dos basaltos das porções superficiais dos derrames e conferindo aos bolsões mineralizados cores esverdeadas que contrastam fortemente com o castanho-avermelhado da rocha hospedeira. Entretanto, o palco preferencial dos minerais de cobre são os espaços vazios representados pelas vesículas, onde depositam-se as seqüências paragenéticas mais desenvolvidas, com as melhores exposições de texturas dos minerais de minério. Assim, a associação mineralógica mais completa é composta normalmente, partindo da periferia para o centro da amígdala, de crisocola, malaquita e rara azurita em agregados coliformes bandeados, às vezes fibro-radiados, que passam a uma zona constituída de tenorita em massas coliformes que pode conter cristais aciculares do mesmo mineral em agregados divergentes. Esta zona de tenorita, nem sempre presente, é sucedida por outra constituída por cuprita em agregados granulares que contêm inclusões anédricas (0,040-0,008 mm) de cobre nativo. A parte central do conjunto é ocupada comumente por massas amorfas de cobre nativo, cujo diâmetro maior atinge 5,0 mm (fig. 29).

Os minerais que preenchem as amígdalas também ocor

rem isoladamente (malaquita ou crisocola ou raramente cuprita) ou em associações incompletas (malaquita e crisocola, crisocola e tenorita, tenorita e cuprita, tenorita, cuprita e cobre nativo).

As amígdalas possuem dimensões variáveis (1,0 a 20,0 mm) e aparecem parcial ou totalmente preenchidas pelos minerais de cobre. As amígdalas inteiramente preenchidas são quase sempre constituídas de malaquita e/ou crisocola com notáveis bandeamentos concêntricos. Curiosamente, o preenchimento parcial se dá em presença de paragêneses mais completas, conforme descrição anterior.

Os minerais de cobre depositados em fraturas próximas da superfície apresentam a mesma paragênese e sucessão mineralógica constatadas nas amígdalas. Assim, massas irregulares de cobre nativo, envolvidas por uma coroa de cuprita e mais externamente tenorita, são encontradas em meio a agregados coliformes, em proporções variáveis, de crisocola e malaquita, esses últimos preenchendo o espaço restante das fraturas.

Bem mais simples é a mineralogia dos depósitos das microfissuras existentes na zona intermediária dos derrames, localizadas a distâncias relativamente maiores da superfície. Apresentam quase sempre só cobre nativo, em finas lamelas dendríticas desenvolvidas no ambiente confinado das microfissuras, acompanhado, às vezes, por cuprita e minerais de alteração, tais como cloritas e limonitas.

Em todos os depósitos de intemperismo são observados grãos equidimensionais, subédricos e anédricos, de magnetita parcialmente martitizada e, muitas vezes intercrescida graficamente com ilmenita, e massas coliformes de goetita disseminadas em meio à rocha.

Acidentalmente ocorrem nas amígdalas cupríferas a-

gregados radiados de zeolitas lamelares, algumas vezes substituídos por crisocola e recobertos por malaquita e outros minerais de cobre. As zeolitas, juntamente com as cloritas, a goetita e outros óxidos hidratados de ferro, constituem os únicos minerais de ganga presentes nas cavidades preenchidas pelos depósitos de cobre. Comparecem ainda em amígdalas não cupríferas outros minerais secundários, principalmente quartzo, carbonatos (calcita) e celadonita, cuja origem é diversa daquela dos depósitos de intemperismo (tabela XIV).

Texturas, Sucessão Depositional, Substituição

As texturas dos minerais de cobre em amígdalas e fraturas próximas da superfície são comumente coloformes, exibidas especialmente pela malaquita e a crisocola através de bandeamentos concêntricos próprios da deposição de minerais em estado coloidal. A malaquita e a tenorita cristalizam ainda em agregados fibro-radiados, evidenciando a existência de mais de um processo de formação desses minerais. A cuprita cristaliza também em massas finamente granulares, e o cobre nativo forma massas amorfas ou cristais esqueléticos incluídos na cuprita ou ocupando a parte central das amígdalas.

As texturas coloformes, também chamadas de amigdaloidais (Smirnov, 1970) ou zonadas (Edwards, 1947), incluem as estruturas dos discutíveis depósitos de origem coloidal e, de um modo mais abrangente, todas as formas esferoidais desenvolvidas em espaços abertos (Bastin, 1960). Estas texturas são características de depósitos superficiais de intemperismo (Smirnov, *op. cit.*), podendo aparecer também em zonas de enriquecimento supergênico (Edwards, *op. cit.*). Para Park Jr. e MacDiarmid (1970) e Bastin (*op. cit.*), as texturas coloformes estão normalmente presentes nos depósitos de preenchimento de vazios e podem indicar a sucessão deposicional dos minerais. Segundo esse último autor, os mine-

TABELA- XIV

MINERAIS DE COBRE E TIPOS DE MINERALIZAÇÃO

Nº AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	MINERAIS DE COBRE (SUCESSÃO)	ROCHA HOSPEDEIRA	POSIÇÃO NO DERRAME	TIPO DE MINERALIZAÇÃO	OBSERVAÇÕES TEXTURAS
ES-85	Barra do Guarita Derrame nº 5 Ocorrência nº 22	Cobre nativo, cuprita, tenorita, azurita e malaquita.	Basalto amigdalóide, granulação fina. Vesículas esféricas preenchidas por carbonato, zeólita e minerais de cobre	Topo da zona amigdalóide.	Preenchimento de vesículas. Depósito de intemperismo.	A tenorita substitui nos bordos a cuprita que por sua vez substitui ao cobre nativo. A textura é zonada.
ES-125	Vista Alegre Derrame nº 11 Ocorrência nº 88	Cobre nativo, azurita, malaquita, crisocola.	Basalto amigdalóide (amígdalas com celadonita), textura hipocrystalina, granulação fina.	Base da zona amigdalóide.	Preenchimento de vesículas. Depósito de intemperismo.	Vesículas com até 1 cm de diâmetro, parcialmente preenchidas por minerais de cobre em textura zonada.
ES-165	Flor da Serra Derrame nº 4 Ocorrência nº 36	Periferia para o centro da amígdala: crisocola, malaquita, tenorita, cuprita, cobre nativo.	Basalto amigdalóide, microgranular, com amígdalas de zeólitas, celadonita e minerais de cobre.	Zona amigdalóide.	Preenchimento de vesículas (1 a 15 mm). Depósitos de intemperismo.	Massas colomorfos de crisocola e malaquita e massas granulares de cuprita e tenorita. Todo o conjunto zonado com cobre nativo no centro.
ES-175	Flor da Serra Derrame nº 4 Ocorrência nº 36	Crisocola, malaquita, tenorita, cuprita e cobre nativo.	Basalto amigdalóide, castanho avermelhado escuro, microgranular. Vesículas com zeólitas lamelares.	Base da zona amigdalóide.	Preenchimento de vesículas e fraturas fechadas. Depósito de intemperismo.	Predominam massas colomorfos de crisocola e malaquita. Raro Cu nativo. Hematita e magnetita em grãos na rocha.
ES-215	Flor da Serra Derrame nº 4 Ocorrência nº 36	Malaquita, crisocola, tenorita, crisocola novamente, cuprita, cobre nativo.	Basalto amigdalóide, castanho avermelhado, microgranular com vesículas contendo zeólitas e minerais de cobre.	Topo da zona amigdalóide.	Preenchimento parcial de vesículas. Depósito de intemperismo.	Impregnação de goethita e argilo-minerais nas paredes da rocha. Texturas colomorfos com bandeamentos concêntricos.
ES-185	Santa-Fé (Itapiranga) (SC-472) Derrame nº 6 Ocorrência nº 17	Crisocola, malaquita, tenorita, cuprita, cobre nativo.	Basalto castanho avermelhado escuro; Textura granular porfirítica.	Zona intermediária. Fraturas irregulares.	Preenchimento de fraturas.	Crisocola e malaquita em agreg. colomorfos, massas irregulares de cuprita e grãos anédricos (2,5 mm) de cobre nativo.
ES-135	Santa Fé-Itapiranga (SC-472) Derrame nº 6 Ocorrência nº 17	Crisocola, malaquita, azurita, tenorita, cuprita, cobre nativo.	Basalto granular, cinza acastanhado. Raras amígdalas.	Zona intermediária. Fraturas irregulares.	Preenchimento de fraturas.	Azurita, crisocola e malaquita seriam alterações da cuprita. Esta do Cu nativo ou disposição primária sobre o Cu nativo.
ES-155	Aparecida (Itapiranga) Derrame nº 4 Ocorrência nº 11	Cobre nativo, cuprita. (Magnetita, ilmenita e hematita).	Basalto granular, porfirítico, cinza escuro, granulação fina.	Parte superior da zona intermediária.	Disseminação na rocha e preenchendo microfaturas. Depósito tardi-magmático.	Vênulos e grãos anédricos (0,32-0,024mm) envoltos por cuprita.
ES-195	Pedreira Prefeitura - Itapiranga Derrame nº 4 Ocorrência nº 13	Cobre nativo, cuprita.	Basalto típico, granular, granulação fina, cinza escuro a preto.	Zona intermediária com fraturamento vertical.	Preenchimento de fraturas e disseminações em meio a rocha. Depósito tardi-magmático.	Massas lamelares de cobre nativo (rara cuprita) em planos de fratura. Em grãos na rocha, associado à alteração de outros minerais.
* ES-205	Pedreira Prefeitura - Itapiranga Derrame nº 4 Ocorrência nº 13	Cobre nativo, cuprita.	Basalto granular, porfirítico, granulação fina, cinza escuro.	Zona intermediária com fraturamento vertical.	Preenchimento de fraturas e disseminação na rocha. Tardi-magmático.	Como acima mas principalmente em grãos anédricos no seio da rocha.
B-7 *	Itapiranga.	Cuprita, tenorita, cobre nativo e pirita(?).	Basalto cinza escuro.	Zona intermediária.	Preenchimento de fraturas. Tardi-magmático.	Um único cristal de cuprita com inclusões de Cu nativo em palhetas. A pirita como inclusões na cuprita (?)
B-8 *	Itapiranga.	Cuprita, tenorita, cobre nativo, malaquita.	Basalto cinza-escuro.	Zona intermediária.	Preenchimento de fraturas. Tardi-magmático.	Agregados de cuprita, cobre nativo em finas palhetas. Malaquita fibrosa inclusa na cuprita.
ES-145*	Derrames riódacíticos do Paraná (sem localização)	Magnetita, hematita, ilmenita, goethita. Pirita, calcopirita.	Islandito a dacito, textura granular, com amígdalas preenchidas por carbonato e zeólitas.	Zona superior amigdalóide(?)	Preenchimento de microfaturas. Hidrotermal	Vênulos de quartzo e calcedônia seccionados por vênulos carbonáticos portadores de grãos anédricos (0,005-5 mm) de sulfetos.

* Amostras coletadas pelo 1º Distrito-DNPM e analisadas pelo LAMIN.

* Amostra de fora da área, sem localização precisa.

rais depositados na parte central das cavidades são mais jovens que aqueles formados nas paredes de tais cavidades. Por outras palavras, em depósitos bandeados, a camada situada junto à parede da amígdala ou fratura foi a primeira a se depositar. Com base nessa regra geral, a sucessão deposicional dos minerais de cobre presentes em amígdalas e fraturas é a seguinte, partindo da periferia para o centro dessas cavidades (fig. 29), conforme análises calcográficas efetuadas pelo geólogo Jorge Alberto Villwock do Instituto de Geociências da UFRGS:

- (1) impregnação de goetita nos minerais formadores da rocha em direção à parede da amígdala;
- (2) tênue película de materiais pulverulentos não identificados (argilo-minerais?), atapetando as paredes internas de quase todas as cavidades;
- (3) agregados radiados de zeolitas;
- (4) banda concêntrica ou agregados fibrosos de malaquita;
- (5) banda concêntrica de crisocola;
- (6) zona da tenorita, às vezes ausente;
- (5) outra camada de crisocola, observada na amostra ES-R-21S;
- (7) massa amorfa e central de cuprita; e
- (8) cristais amorfos e esqueléticos de cobre nativo, possivelmente simultâneos com a cuprita.

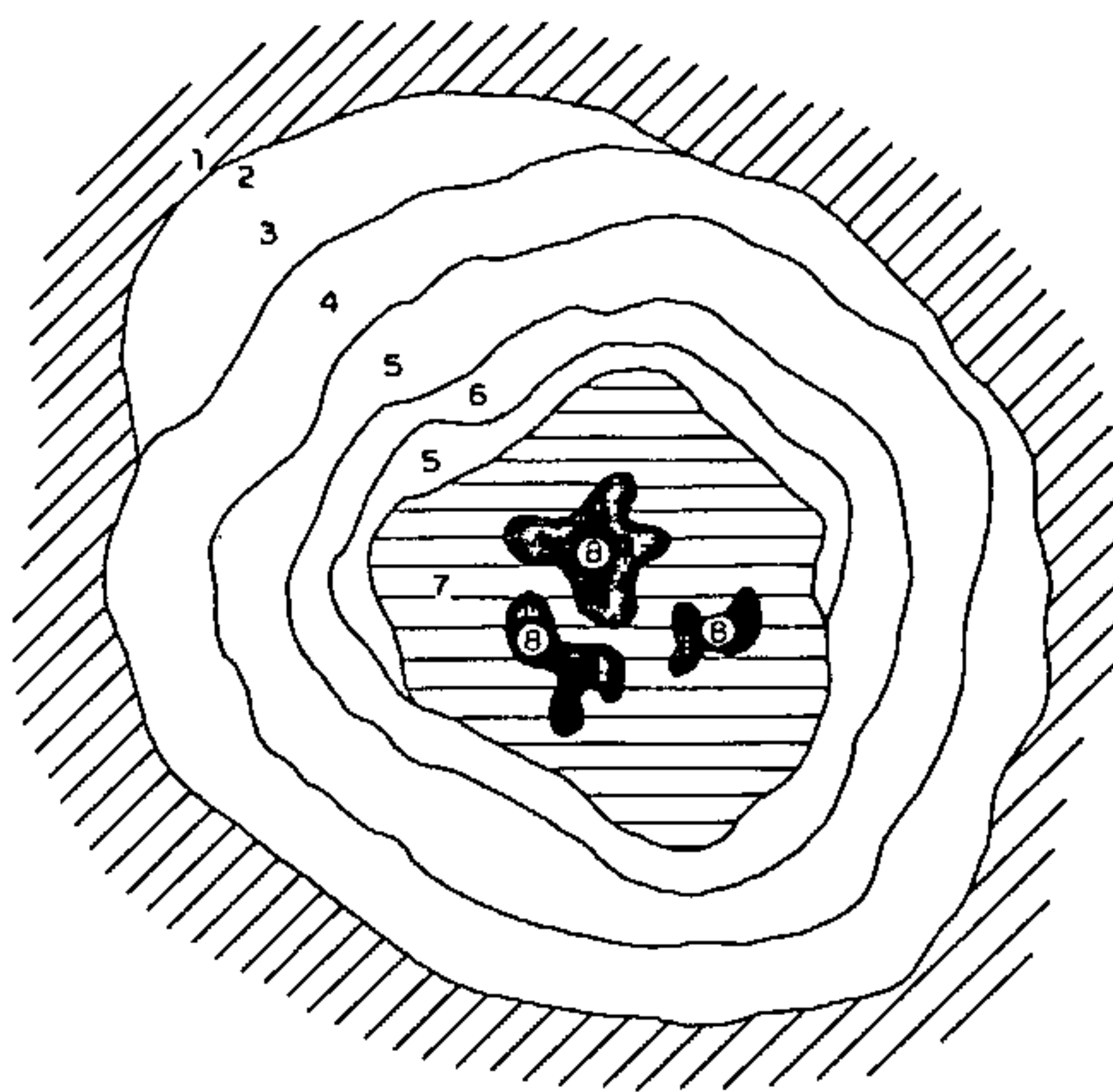


Fig. 29 - Seqüência paragenética completa desenvolvida em uma amígdala de basalto.

Nesta ordem deposicional, a paragénese cuprífera iniciaria com a fase carbonatada e teria continuidade com as fases silicatada e oxidada, encerrando com a deposição de cobre nativo. Esta seqüência seria decorrente essencialmente de processos químicos de redução progressiva, *a priori* incompatíveis com as características dos depósitos superficiais de intemperismo, onde prevalecem condições nitidamente oxidantes. Além dessa razão básica, existem outros fatores indicativos de que a sucessão dos minerais de cobre nos depósitos de intemperismo é exatamente inversa da anteriormente apresentada, partindo da deposição de cobre nativo e/ou cuprita, os quais dariam, através de processos de oxidação, os demais minerais da seqüência cuprífera. A evidência mais categórica nesse sentido é encontrada nos depósitos confinados das microfissuras existentes na zona intermediária dos derrames, onde os minerais de cobre são representados exclusivamente por cobre nativo e pouca cuprita. As mesmas microfissuras, quando submetidas a condições mais favoráveis de penetração de oxigênio atmosférico e de percolação das águas superficiais (frentes de pedreiras ou cortes de estra-

das), apresentam uma mineralogia mais rica, constituída principalmente de oxidados de cobre.

É bem provável que os processos de oxidação se realizem através da substituição (*replacement*) dos minerais pré-existentes de cobre nativo e cuprita, explicando melhor as texturas coliformes, especialmente da malaquita e da crisocola, e o zoneamento das amígdalas conforme ilustrado na figura 29. A propósito, Edwards (1947) atribui à substituição de minerais pré-existentes uma possível origem das texturas zonadas, citando algumas espécies de cobre nativo com bandas de malaquita ou limonita. No caso dos depósitos de intemperismo em questão, muitas são as relações texturais sugestivas de processos de substituição, destacando-se as seguintes:

- (1) coróas de cuprita em torno de massas amorfas ou cristais esqueléticos de cobre nativo;
- (2) grãos muito pequenos e difusos de tenorita em torno da cuprita;
- (3) martitização parcial da magnetita, representada por coróas de espessura variável de hematita;
- (4) bandas gradacionais entre malaquita e crisocola e especialmente entre malaquita e azurita;
- (5) a azurita tende a estar próxima da cuprita e a malaquita mais distante, correspondendo à expectativa teórica pela qual a malaquita representa uma substituição mais acentuada; e
- (6) variação textural entre massas cristalinas e agregados coliformes em uma única amígdala; a malaquita e a tenorita apresentam algumas vezes

texturas bandeadas conjuntamente com formas fi
brosas radiais.

Mais do que sugestivas, as pseudomorfozes e as texturas *relictus* são consideradas diagnósticas de processos de substituição (Park Jr. e MacDiarmid, 1970). Os cristais esqueléticos e massas amorfas de cobre nativo na parte mais central das amígdalas possuem formas que se assemelham às texturas *relictus*. As pseudomorfozes, por sua vez, foram identificadas com segurança apenas entre a crisocola e formas lamelares de zeolitas junto às paredes de algumas amígdalas.

Controle Geomorfológico e Classificação

O cadastro das ocorrências de cobre da área do projeto, efetuado simultaneamente ao mapeamento geológico regional em escala 1:50.000, evidenciou que os depósitos de intemperismo localizavam-se invariavelmente na zona vesículo-amigdaloidal do penúltimo ou antepenúltimo derrame. Em consequência, pensou-se inicialmente que todos esses depósitos estivessem contidos em um único derrame, da mesma forma que acontece com os jazimentos de ametista da região do Alto Uruguai (Szubert *et alii*, 1978). Posteriormente, a partir do mapeamento geológico em escala 1:10.000 das áreas-alvo, da correlação entre essas áreas e do registro das ocorrências de cobre em fotografias aéreas 1:25.000, constatou-se o seguinte comportamento espacial para os depósitos de intemperismo:

- (1) localizam-se em um único derrame apenas em áreas restritas (Flor da Serra, São Paulo, Linha Morais, anexos, respectivamente, XIV, XVIII e XX);

- (2) cada um desses derrames cupríferos não são correlacionáveis entre si (4º em Flor da Serra, 9º em São Paulo e o 6º em Linha Morais), embora ocupem sempre as posições mais altas da topografia (ver perfis geológicos dos anexos XIV, XVIII e XX);
- (3) ocorrem em mais de um derrame em áreas de relevo suavemente escalonado; em Vista Alegre aparecem em 4 derrames diferentes (nºs 8, 9, 10 e 11) (ver perfil geológico do anexo XVII e fig. 30 a seguir); e
- (4) esporadicamente aparecem também em derrames inferiores topograficamente, desde que haja condições favoráveis de relevo (ver perfil geológico do anexo XVI, área-alvo Linha União).

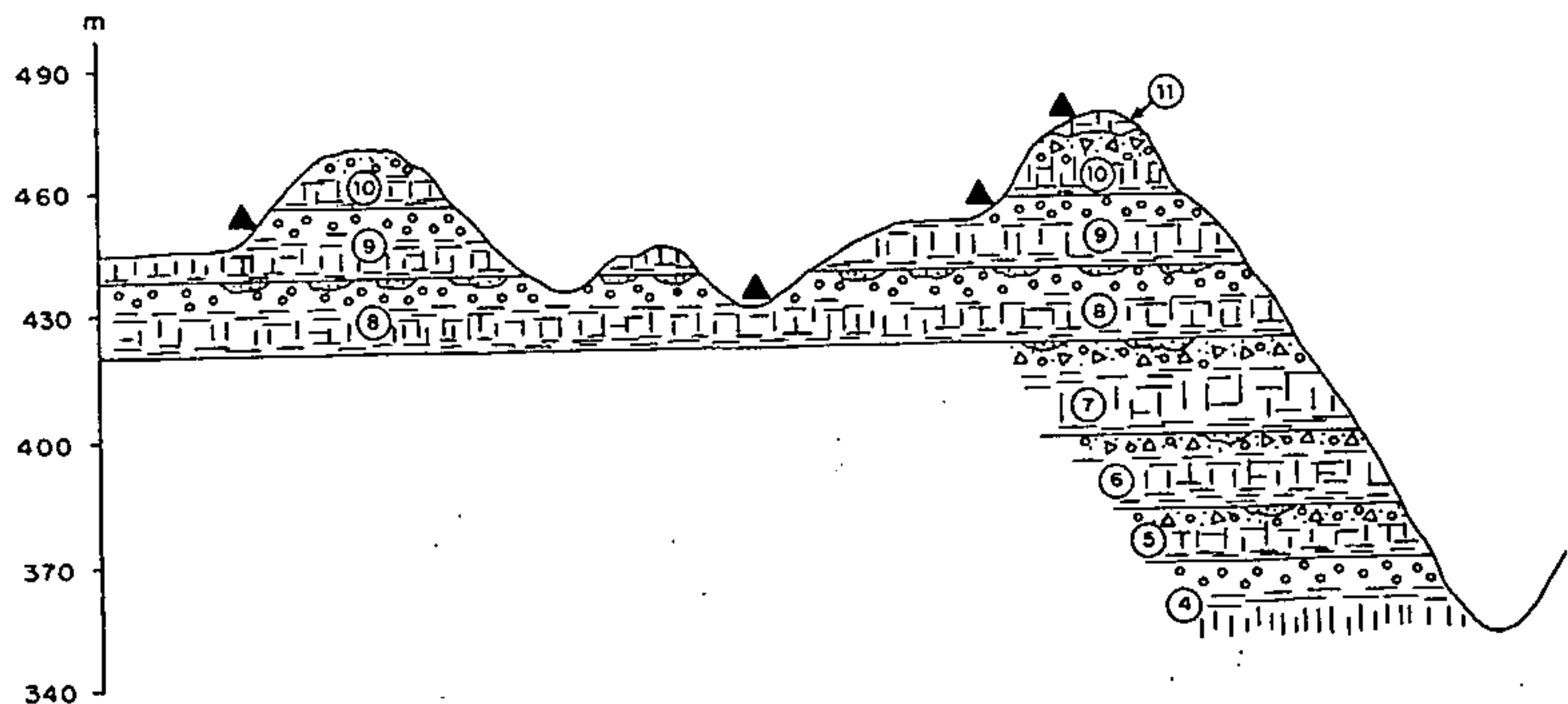


Fig. 30 - Controle geomorfológico dos depósitos de intemperismo. Área de Vista Alegre (▲- ocorrência de cobre)

Este comportamento espacial realça sobremaneira o controle geomorfológico nas mineralizações superficiais de cobre, manifestado pela suavização do relevo na passagem da zona vesículo-amigdaloidal para a zona de diaclasamento horizontal dos derrames basálticos (fig. 30). Neste contexto geomorfológico, são elementos essenciais os espaços vazios existentes nestas zonas superiores dos derrames e a proximidade com a superfície, facilitando a percolação das águas de origem superficial e propiciando condições de dissolução, transporte e deposição dos minerais de cobre.

A raridade e a reduzida expressão dos depósitos de intemperismo nas porções inferiores do relevo se devem ao declive muito abrupto dessas porções na área do projeto e à quase impossibilidade que essa condição geomorfológica oferece à percolação das águas subterrâneas. Neste sentido, é sabido que os fraturamentos horizontais superiores, associados às descontinuidades interderrames, constituem os condicionamentos hidrogeológicos mais favoráveis dos derrames basálticos (Rebouças, 1978), especialmente nas partes superficiais do relevo. Os derrames inferiores estão normalmente bloqueados hidrogeologicamente pela impermeabilização causada pelos derrames sobrejacentes.

A suavização local do relevo nos derrames superiores inibe o fluxo das águas de percolação (barreira mecânica), a qual juntamente com o alto pH (fig. 33) dessas águas (barreira química) otimizam as condições de deposição dos minerais de cobre nas cavidades abertas da zona amigdaloidal.

A prospecção geoquímica de solos confirmou este condicionamento hídrico-geomorfológico, evidenciando que os valores mais altos de cobre localizam-se quase sempre em zonas de *seepage*. Tais zonas correspondem a pequenos cinturões situados no contato das zonas vesicular e de diaclasamento horizontal dos derrames superiores, ao longo dos quais emergem

gem as águas de percolação (*phreatic line* ou linha de fonte).

Estes mecanismos físicos de controle das mineralizações superficiais de cobre são próprios de depósitos de intemperismo (*weathering*) e, de acordo com Smirnov (1970), são do tipo infiltração, uma vez que resultam da dissolução, remoção e posterior deposição em espaços abertos. A mineralogia das amígdalas e das fraturas cupríferas e as texturas dos minerais de minério também são características de depósitos de intemperismo do tipo infiltração.

Podem ser classificados ainda como depósitos de CONtato em virtude da posição espacial que ocupam, anteriormente referida. São superficiais e livres, quando preenchem as cavidades abertas da zona vesículo-amigdaloidal, e sub-superficiais e confinados, quando localizados em fraturas da zona intermediária dos derrames.

Mecanismos Químicos

Anteriormente descreveu-se os fatores físicos, geomorfológicos e hídricos, controladores das mineralizações oxidadas de cobre, os quais configuram depósitos de intemperismo. A análise dos mecanismos químicos formadores dessas mineralizações comprovam e substanciam essa classificação. É o que se conclui da observação dos diagramas Eh-pH (figuras 31 e 32) que mostram as relações entre minerais de cobre em presença de água, à temperatura de 25°C e 1 atmosfera de pressão total (Garrels e Christ, 1965). Nestas condições, próprias dos depósitos de intemperismo e no domínio do pH alcalino (> 8) e sem enxofre no sistema, depositam-se cobre nativo, cuprita ou tenorita, dependendo do Eh (fig. 31). Permanecendo as mesmas condições e em presença de CO₂, predomina a malaquita no campo de estabilidade da tenorita e, com enxofre no sistema, o cobre nativo divide o seu campo com a

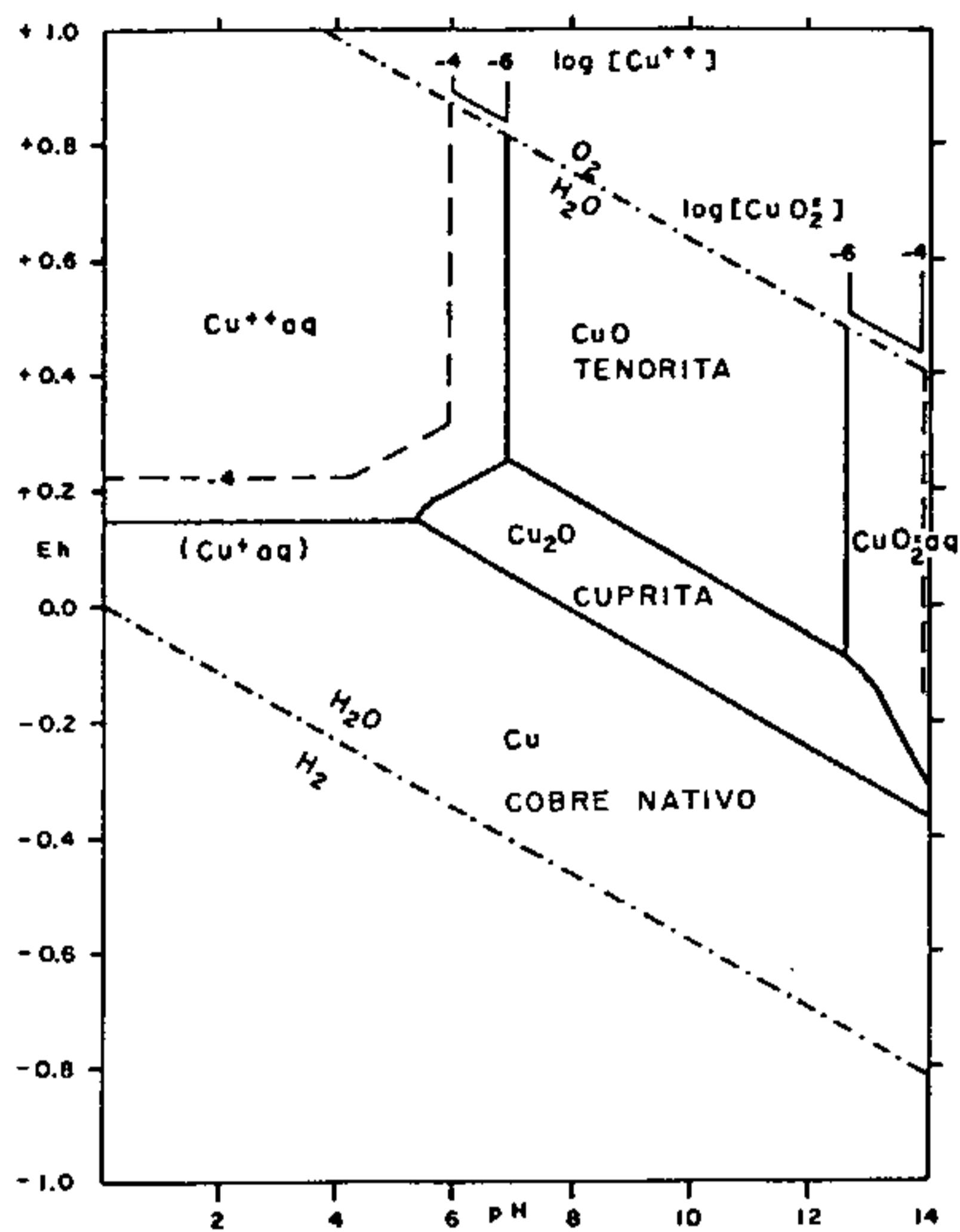


Fig. 31 - Relações de Estabilidade entre compostos de cobre no sistema Cu-H₂O-O₂ a 25°C e 1atm de pressão total. (Garrels e Christ, 1965)

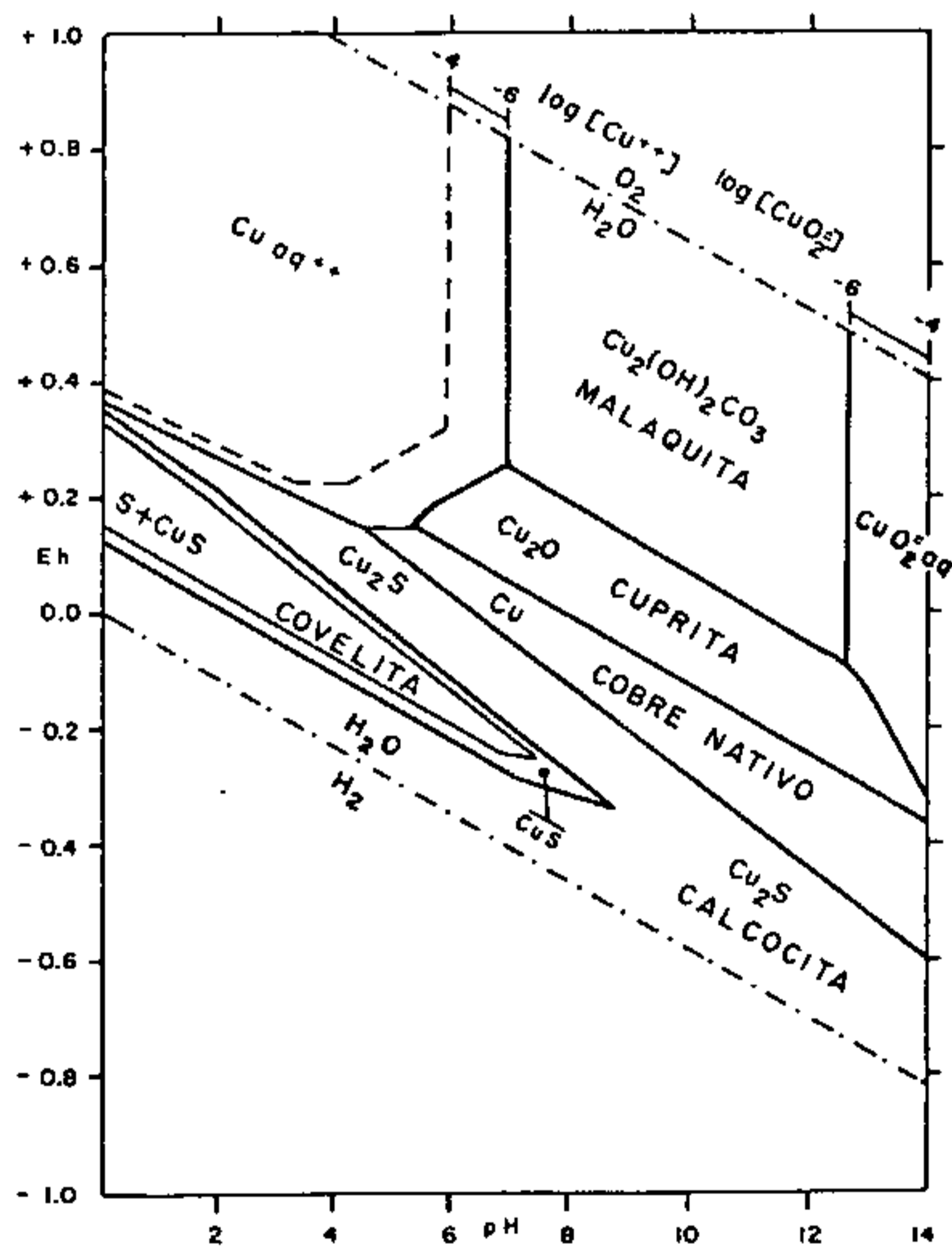


Fig. 32 - Relações de Estabilidade entre compostos de cobre no sistema Cu-H₂O-O₂-S-CO₂ a 25°C e 1atm de pressão total. (Garrels e Christ, 1965)

covelita e a calcocita (fig. 32).

A inexistência de enxofre no ambiente formador dos depósitos de intemperismo é evidenciada pela ausência absoluta de minerais sulfetados nas mineralizações cupríferas associadas aos derrames basálticos.

Os valores de pH das águas de percolação dos basal_{tos} são em geral elevados, caracterizando um meio básico, conforme revela o histograma da figura 33, construído com valores de pH obtidos pela CORSAN em poços tubulares de captação de água subterrânea. Este histograma mostra um predomínio dos valores de pH para as águas de percolação da área do projeto no intervalo de 8,5 a 9,5, obtendo-se uma média aritmética de 8,6 para um total de 15 medidas efetuadas em 10 poços perfurados nos municípios de Frederico Westphalen, Palmitinhos e Vicente Dutra. Esta média é de 8,0 unidades de pH para 113 análises feitas em 35 poços tubulares de 17 municípios da região NNW do Estado do Rio Grande do Sul.

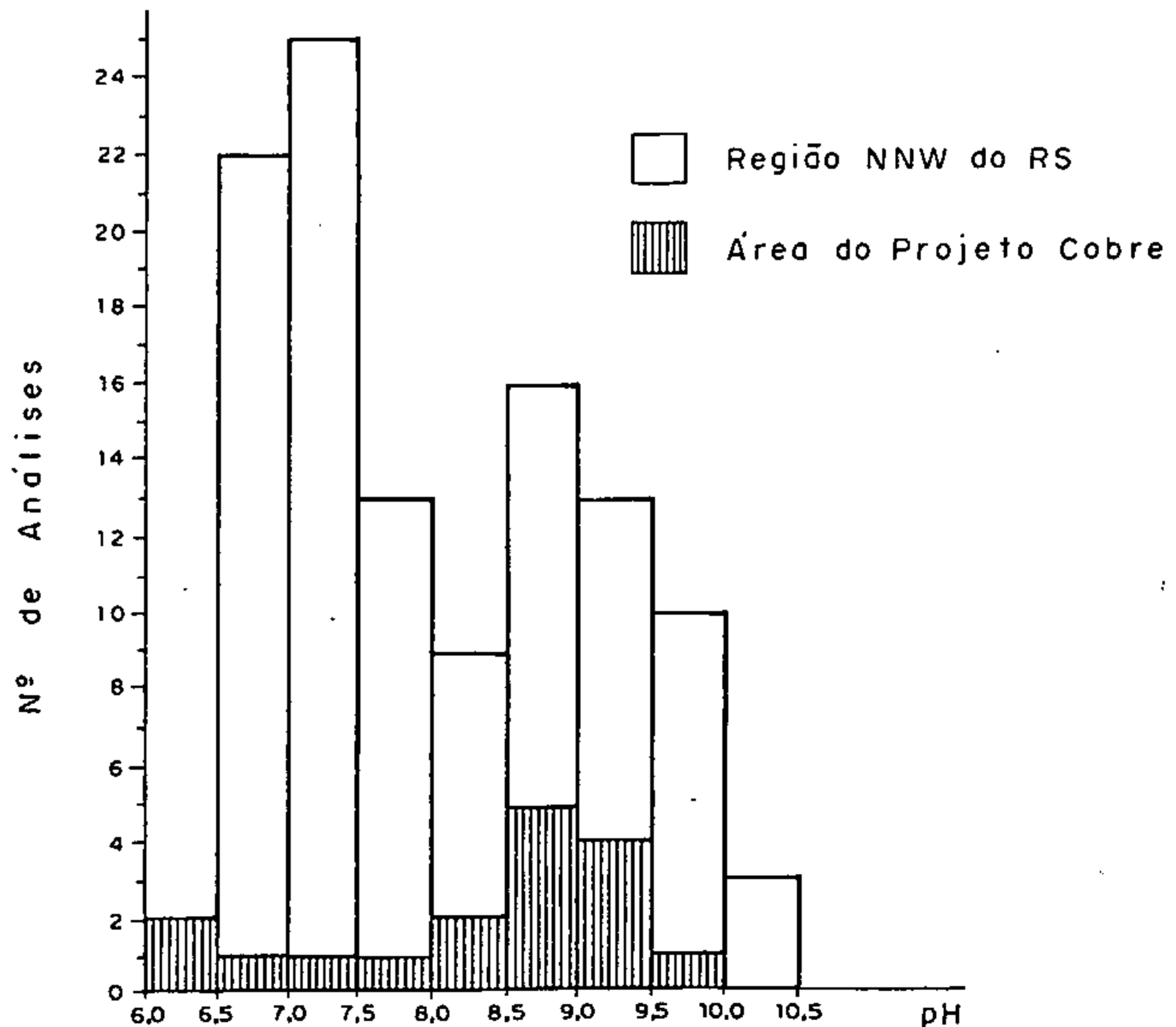
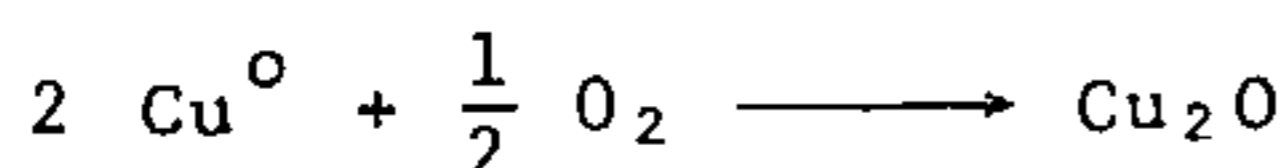


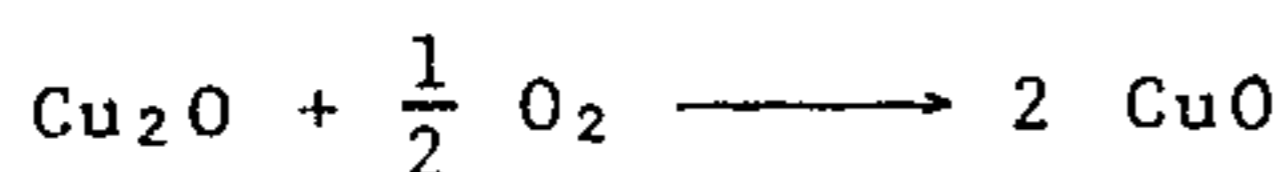
Fig. 33 - Histograma dos valores de pH, obtidos pela CORSAN em poços de captação de águas subterrâneas

Nestas condições nitidamente alcalinas pode-se, resumidamente, destacar os seguintes processos químicos envolvidos no intemperismo dos minerais dos basaltos, com base em Távora (1979):

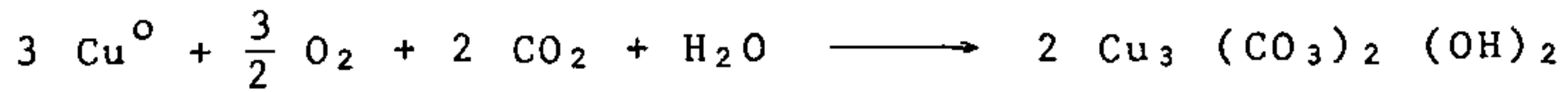
- (1) alteração dos minerais pré-existentes, formando soluções cada vez mais básicas pela produção de OH^- e íons alcalinos, com alta concentração das espécies $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ e H_4SiO_4 pela quebra dos silicatos;
- (2) eventualmente as soluções tornam-se saturadas em certas espécies, criando condições de precipitação de minerais secundários como as zeólitas;
- (3) reações entre a labradorita e a augita, também em meio básico, podem resultar na formação da clorita;
- (4) os neutralizadores induzem a uma rápida precipitação do ferro que se expressa sob as mais variadas formas, principalmente na de limonitas sacaróides; e
- (5) reações envolvendo a formação de minerais de cobre por oxidação progressiva, a seguir apresentadas, de acordo com Garrels e Christ (1965):



Cobre nativo Cuprita

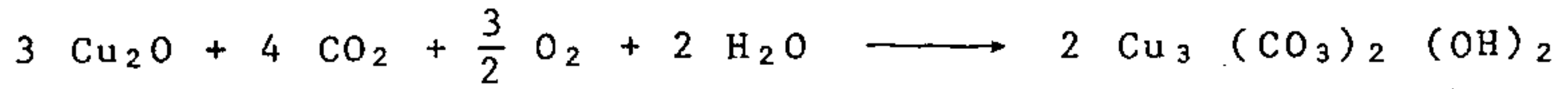


Cuprita Tenorita



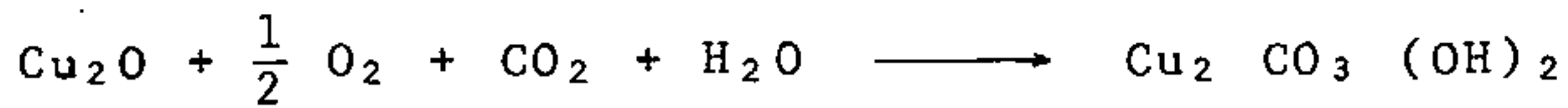
Cobre nativo

Azurita



Cuprita

Azurita



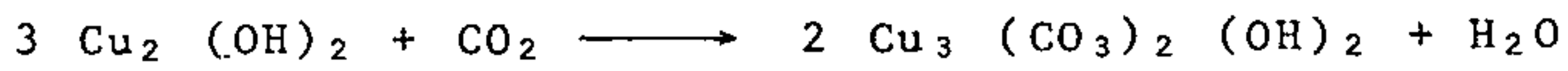
Cuprita

Malaquita



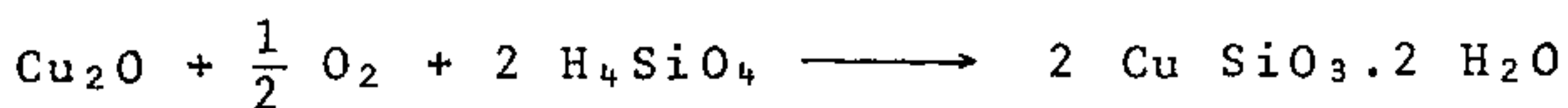
Tenorita

Malaquita



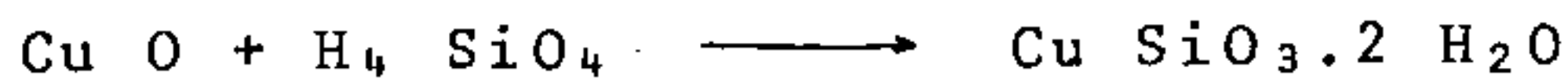
Malaquita

Azurita



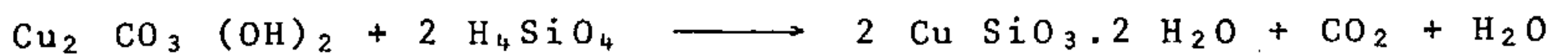
Cuprita

Crisocola



Tenorita

Crisocola



Malaquita

Crisocola

(2) Depósitos Magnéticos Tardios

Modos e Áreas de Ocorrências

A presença de cobre nativo, sob a forma de finas disseminações em meio à rocha, é registrada em basaltos distribuídos por toda a área de estudo, em ocorrências muito esparsas, observadas principalmente em frentes de pedreiras, cortes de estradas e em testemunhos de poços escavados e profundos. Apenas a área de Macaco Branco apresentou uma concentração relativamente grande de indícios disseminados de cobre nativo em basaltos da zona intermediária do derrame nº 4. Mesmo assim os grãos de cobre são muito pequenos, sendo observados na maioria das vezes somente com auxílio da lupa. Neste derrame houve casos inclusive de amostras sem indícios visíveis de cobre que revelaram teores desse elemento maiores que 500 ppm e mesmo 1.000 ppm. O mesmo aconteceu com a amostra CK-23 do derrame nº 2 da área de Dourado (anexo XII), que apresentou um teor de cobre de 1.000 ppm, tratando-se de um basalto preto, afanítico e sem nenhuma evidência visível de cobre nativo.

A seguir serão apresentados os modos e as áreas de ocorrências das disseminações de cobre nativo, conforme sua posição nos derrames:

Zona Intermediária - A principal área de ocorrência de disseminações de cobre nativo situa-se entre o rio Macaco Branco e a localidade de Aparecida (anexo VI), onde registrou-se seis locais com esse tipo de mineralização e vários valores de cobre superiores a 500 ppm em basaltos da zona intermediária do derrame nº 4, caracterizando possivelmente uma área mineralizada, embora de contornos indefinidos. Nas microfraturas desse derrame constatou-se ainda com grande frequência lamelas dendríticas de cobre nativo, às vezes acompanhado de cuprita, cuja classificação em depósitos

tardi-magnéticos ou em depósitos secundários de intemperismo é discutível.

Além do conhecimento de que a zona intermediária do derrame nº 4 é a mais enriquecida em cobre (média aritmética de 549 ppm em 26 amostras), acredita-se que a grande espessura desse derrame (60 m) tenha influência nesse enriquecimento, desconhecendo-se outros fatores regionais controladores das mineralizações.

Em outros dez locais esparsos pela área do projeto (anexo XXI), foram detectados indícios pontuais de cobre nativo disseminados na zona intermediária dos derrames, sem correlação entre si. São em geral inexpressivos, merecendo referência apenas os indícios cupríferos do derrame nº 1 da área de Santa Fé, constituído por um basalto amigdalóide com abundante celadonita em toda a seção. O cobre nativo aparece disseminado na rocha e em palhetas nas fraturas e foi constatado no mesmo derrame na localidade de Sede Capela, a cerca de 7 km de Santa Fé.

Zona de Disjunção Horizontal - Na zona de disjunção horizontal ou em uma posição nos derrames equivalente a ela, logo abaixo da zona amigdalóide, se localizam todos os jazimentos de ametista e outros depósitos correlatos de quartzo, ágata e calcedônia da região. O cobre nativo dessa porção do derrame aparece em algumas ocorrências de quartzo e ametista como minúsculas inclusões em cristais hialinos de quartzo ametístico, constituindo-se numa variedade rara e sem nenhuma importância econômica.

Zona Amigdalóide - Um tipo de ocorrência de cobre nativo também raro e curioso aparece no topo amigdalóide do derrame basáltico nº 3 da área de São Judas Tadeu (anexo XIX). O cobre ocorre exclusivamente na forma nativa, em grãos submacroscópicos e finamente disseminados na rocha (microvacúolos?). As amígdalas são formadas por celadonita e, em

menor quantidade, por quartzo. O derrame nº 3 tem pequena espessura e está sobreposto a um *sheet* básico diferenciado e pegmatítico.

Associação Mineral e Classificação

As disseminações de cobre nativo no seio de basaltos da zona intermediária foram detidamente estudadas em seção polida e em lâmina delgada, usando-se trans e epi-iluminação para determinar o modo de ocorrência e as associações mineralógicas. Tais disseminações constituem quase sempre massas granulares anédricas, com as seguintes associações minerais:

- (1) com grãos de ilmenita e magnetita alterados, às vezes substituindo-os;
- (2) com piroxênios (augita especialmente) alterados;
- (3) com agregados de clorita radiados;
- (4) com goetita; e
- (5) raramente intersticiais, nos espaços intergranulares.

Com exceção dessa última situação, que pode ser devida a efeitos mecânicos de confecção da lâmina delgada, todas as demais indicam que a mineralização de cobre nativo não está relacionada com os processos iniciais de cristalização das lavas basálticas. Pelo contrário, os modos de ocorrência e as associações minerais do cobre nativo evidenciam uma relação mais provável com processos magmáticos tardios, uma vez que a mineralização cuprífera é sempre acompanhada, de algum modo, pela alteração de minerais pré-existent. Tudo leva a crer que se tratem de processos de natu

reza hidrotermal, posteriores à cristalização da lava e relacionados ao próprio derrame mineralizado. Seriam desenvolvidos a profundidades rasas (a do derrame) e a baixas temperaturas (100 a 200°C), gerando depósitos que poderiam ser classificados de epitermais, de acordo com a associação mineralógica e a natureza das alterações.

Na metalogênese dos depósitos de cobre não se cogitou da possibilidade de hidrotermalismo generalizado em toda ou parte da seqüência das lavas basálticas porque não existe nenhuma evidência nesse sentido. Mais remota ainda é a possibilidade de processos metassomáticos produzidos por intrusões hipabissais ou mesmo por derrames posteriores. A idéia dominante é a de que os derrames basálticos, especialmente os mais espessos, comportam-se como meios fechados, dos quais os constituintes voláteis e as soluções hidrotermais não conseguem escapar, permanecendo nas suas porções interiores. Nestas condições se formariam as disseminações cupríferas dos basaltos da zona intermediária e talvez as lamelas dendríticas de cobre nativo e cuprita das microfraturas da mesma zona. As microfraturas cupríferas, submetidas posteriormente a condições de meteorização, gerariam os depósitos de intemperismo, ricos em minerais oxidados de cobre e com texturas coliformes.

As disseminações bem mais raras de cobre nativo da zona amigdalóide (derrame nº 3 da área de São Judas Tadeu) e como inclusões de cristais de quartzo nos espaços mais amplos da zona de disjunção horizontal devem ter origens semelhantes, relacionadas com processos magmáticos tardios.

Origem do Cobre

As rochas basálticas não mineralizadas da área do projeto revelaram um teor médio em cobre de 190 ppm, quase o dobro dos valores apresentados por basaltos de platô de ou

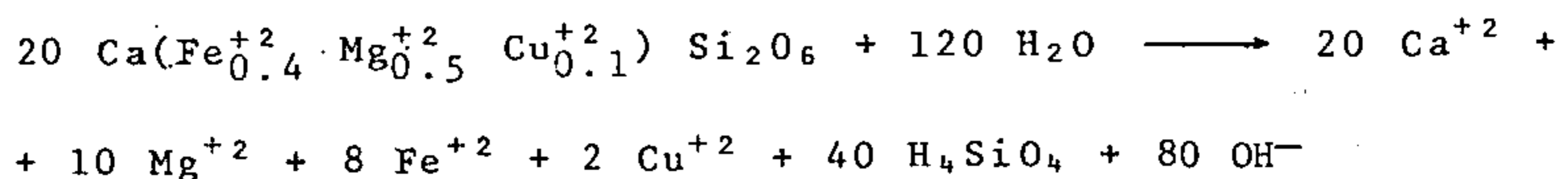
tras partes do mundo. Esse teor médio atinge 204 ppm para os basaltos não cupríferos do derrame nº 4 da área de Macaco Branco, chegando a 549 ppm quando são englobados os basaltos com disseminações de cobre nativo desse mesmo derrame (tabela XVII). Já foi referido inclusive um basalto afanítico e sem nenhuma mineralização visível com 1.000 ppm em cobre.

Por outro lado, a presença de cobre nativo em associação fechada com determinados derrames indica claramente uma fonte magmática para as soluções mineralizadoras ligadas ao próprio derrame.

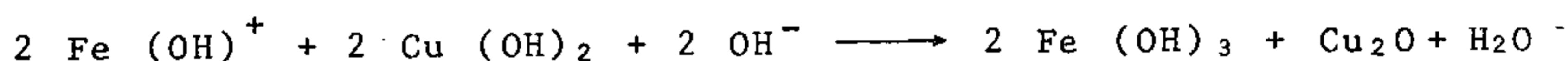
Neste contexto, a fonte primária de cobre pode ser especulada como sendo os minerais máficos pré-existentes (piroxênios, magnetita, ilmenita) e/ou o próprio cobre nativo intersticial, possivelmente exsoluto.

Os modos de ocorrência e as associações mineralógicas anteriormente descritas para os depósitos tardi-magmáticos evidenciam uma relação muito íntima entre as disseminações de cobre nativo em basaltos granulares e alguns minerais formadores dessas rochas, tais como piroxênios, magnetita, ilmenita e cloritas. Com mais razão, admite-se que as altas concentrações de cobre reveladas por análises químicas em basaltos muito finos ou afaníticos e sem nenhum indício cuprífero macro ou microscópico visível estejam relacionadas a minerais silicatados e óxidos pré-existentes.

Os piroxênios, segundo Távora (1979), podem conter cobre substituindo o ferro ou o magnésio em valência +2. Admitindo-se que o Cu^{+2} esteja ocupando até 10% dos sítios destinados ao Fe^{+2} e Mg^{+2} , o cobre poderia ser liberado pela alteração dos piroxênios através da seguinte equação:



No ambiente formador dos depósitos de intemperismo, a reação anterior de alteração dos piroxênios se processa em meio básico, chamando à atenção Távora (*op. cit.*) de que as espécies em solução para o Fe^{+2} e o Cu^{+2} seriam, portanto, o $\text{Fe}(\text{OH})^+$ e o $\text{Cu}(\text{OH})_2$, por hidrólise. Assim, a goetita e a cuprita poderiam ser precipitadas através da reação abaixo, admitindo-se que o ferro em solução poderia ser o agente redutor do cobre:



Além dos piroxênios, também a magnetita pode abrigar cobre na sua estrutura, conforme estudos já conhecidos. Cornwall (1956) verificou em sete amostras de rochas pertencentes às lavas *Keweenaw* (Michigan) que o cobre é mais abundante na magnetita (200 a 880 ppm), aparecendo também na ilmenita (90 a 300 ppm), augita (51 a 320 ppm), clorita (50 a 280 ppm) e plagioclásios (20 a 73 ppm). Semelhantemente, os resultados analíticos dos sedimentos de corrente da área do projeto evidenciaram que os valores mais altos de cobre estão diretamente relacionados aos percentuais de magnetita nas frações mais grosseiras (tabela VIII).

6.1.3 - Importância Econômica

Depósitos de Intemperismo

Os depósitos de cobre de intemperismo são formados por soluções aquosas descendentes e laterais de origem superficial, sem nenhuma relação com atividades magmáticas.

São invariavelmente localizados, aparecendo em porções muito restritas da zona vesículo-amigdaloidal sob evidente controle hídrico-geomorfológico (anomalias de *seepage*),

sem continuidade lateral ao longo dos derrames. Formam localmente concentrações muito ricas em cobre (amostra ES-19Q = 26%, tabela XV), mas normalmente de pequena envergadura (1 a 3 metros de diâmetro maior), do tipo bolsão. Nas rochas adjacentes aos bolsões cupríferos, os sinais da mineralização desaparecem bruscamente e os teores de cobre "caem" de modo abrupto, variando em torno da média aritmética (tabela XVI).

O fator geomorfológico controlador muito variável e a grande heterogeneidade dos basaltos da zona vesículo-amigdaloidal em termos de permeabilidade restringem enormemente as condições de deposição dos minerais de cobre e diminuem sensivelmente a importância econômica desses depósitos.

A comparação com depósitos de cobre do mesmo tipo de outros países, como os *red beds* mineralizados a cobre, vanádio e urânio do Platô Colorado (USA) ou os arenitos cupríferos associados aos sedimentos permianos da região dos Urais (Rússia), é muito desfavorável para os depósitos de intemperismo associados aos derrames basálticos, em razão dos fatores limitantes de relevo e permeabilidade mencionados no parágrafo anterior. A desproporção é tanto mais notória quando se verifica que os citados depósitos de cobre dos Urais se distribuem por uma camada de arenito com cerca de 100 km de extensão e que chega a possuir 1.000 m de espessura, sendo considerados, mesmo assim, de importância prática limitada, por Smirnov (1970).

A tabela XV apresenta os teores de cobre em basaltos amigdalóides e fraturados com notórios indícios de cobre em seus vazios e, a tabela XVI, em basaltos amigdalóides sem mineralização cuprífera visível.

A amostra ES-19 Q, com 26% de cobre, representa um produto de enriquecimento supergênico, constituído de cupri

Tabela XV

Teores de cobre em basaltos amigdalóides e fraturados(*) com depósitos de cobre de intemperismo.

ANÁLISE Nº AMOSTRA	ABSORÇÃO ATÔMICA (ppm)	ESPECTROGRAFIA DE EMISSÃO (ppm)	QUÍMICA (%)	Nº DERRAME/ÁREA
CK-07	1.000	10.000	0,9	5/BARRA DO GUARITA
CK-10	900	2.000	-	5/DERRUBADAS
CK-11	-	15.000	0,8	11/VISTA ALEGRE
CK-12*	-	10.000	-	6/ITAPIRANGA
CK-13	-	10.000	-	9/SÃO JUDAS TADEU
CK-37*	4.900	7.000	-	6/ITAPIRANGA
CK-47	4.000	7.000	0,32	11/VISTA ALEGRE
CK-48	1.900	3.000	-	9/VISTA ALEGRE
CK-50	4.000	5.000	-	10/VISTA ALEGRE
ES-19 Q	-	-	(26,0)	4/FLOR DA SERRA
B-16	3.200	5.000	-	11/VISTA ALEGRE
MÉDIA	2.843	7.400	0,67	

ta, crisocola e malaquita, com traços de basalto amigdalóide. As demais amostras da tabela XV são de basaltos amigdalóides provenientes de bolsões cupríferos, com exceção das amostras CK-12 e CK-37, representativas de basaltos com microfraturas preenchidas por minerais oxidados de cobre e pouco cobre nativo.

Os basaltos amigdalóides sem mineralização cuprífera da tabela XVI são em geral provenientes dos mesmos intervalos que contêm depósitos de cobre de intemperismo em locais favoráveis de relevo e foram, na maioria das vezes, coletados ao lado dos bolsões mineralizados.

Depósitos Magmáticos Tardios

Da análise da importância econômica dos depósitos magmáticos tardios sobressaem três aspectos fundamentais:

- (1) o *show* das mineralizações de cobre nativo em meio à rocha, incluindo o preenchimento de microfraturas da zona intermediária dos derrames, é comumente fraco, em razão do diminuto tamanho dos minerais cupríferos, muitas vezes invisíveis à vista desarmada, e do caráter esparsa da sua distribuição;
- (2) a sua origem possivelmente hidrotermal, ligada a processos magmáticos tardios relacionados ao derrame mineralizado, indica uma extensão ampla e generalizada para esses depósitos, em consonância com a própria extensão do referido derrame; e
- (3) os resultados geoquímicos, apesar do número relativamente pequeno de análises, revelam teores de cobre muito altos para basaltos normais,

Tabela XVI

Teores de cobre em basaltos amigdalóides sem indícios de cobre.

ANÁLISE Nº AMOSTRA	ABSORÇÃO ATÔMICA (ppm)	ESPECTROGRAFIA DE EMISSÃO (ppm)	QUÍMICA (%)	Nº DE RAME / ÁREA
CK-4	200	500	0,1	8/SC-472 (POPI)
CK-5	50	150	0,1	2/SEDE CAPELA
CK-6	35	200	-	6/LINHA MORAIS
CK-27	95	200	-	4/FLOR DA SERRA
CK-31	260	700	-	4/SÃO JUDAS TADEU
CK-52	100	200	-	7/BR-386 - Km 424
CK-53	230	300	-	3/SÃO JUDAS TADEU
CK-54	200	300	-	8/SÃO PAULO
CK-55	200	200	-	9/SÃO PAULO
CK-82	55	70	-	4/APARECIDA
CK-91	-	300	-	sheet/BR-386 - Km 429,5
B-11A	160	500	-	8/SC-472 - Km 20
B-11B	170	200	-	8/SC-472 - Km 20
B-12	75	200	-	6/SC-472 - Km 26
B-14	50	150	-	6/SC-472 - Km 26
MÉDIA	134	278		

mas ainda abaixo dos valores clássicos dos minérios cupríferos.

Os teores de cobre são especialmente elevados para os basaltos de granulação fina da zona intermediária de fraturamento vertical do derrame nº 4 (foto nº 1) da área-alvo de Macaco Branco (anexo XI). Os basaltos desse derrame também foram amostrados esporadicamente ao sul dessa área, em Flor da Serra, a oeste, em Aparecida, e a leste, em Itapiranga (anexo X), para um melhor conhecimento da distribuição e da extensão da mineralização cuprífera ao longo dessa corrida de lava. Todos os valores de cobre dos basaltos da zona intermediária do derrame nº 4 estão inseridos na tabela XVII, destacando-se a média de 0,145% de cobre obtida para amostras com disseminações esparsas de cobre nativo. Merecem referência ainda as seguintes considerações, com base nos resultados de absorção atômica para os basaltos do referido derrame nº 4:

- (1) a média aritmética do teor de cobre para um total de 26 amostras é de 549 ppm, sendo que a média dos teores maiores que 500 ppm (com disseminações de cobre) é de 1.102 ppm e dos teores menores que 500 ppm (sem indícios cupríferos visíveis) é de 204 ppm;
- (2) os valores mínimo e máximo obtidos para cobre nas análises de absorção atômica são de 80 e 2.900 ppm, ambos referentes a basaltos da principal ocorrência cuprífera de Macaco Branco (pedreira da prefeitura de Itapiranga);
- (3) os basaltos com disseminações de cobre afastados da área principal de Macaco Branco apresentam valores de cobre relativamente baixos, sendo que os maiores são de 670 ppm (Itapiranga, CK-86) e 560 ppm (Aparecida); e

TABELA XVII

VALORES DE COBRE EM BASALTOS DA ZONA INTERMEDIÁRIA DO DERRAME Nº 4

BASALTOS COM DISSEMINAÇÕES ESPARSAS DE COBRE NATIVO				
ANÁLISE Nº AMOSTRA	ABSORÇÃO ATÔMICA (ppm)	ESPECTROGRAFIA DE EMISSÃO (ppm)	QUÍMICA (%)	LOCAL
CK-14	500	300	-	MACACO BRANCO
CK-15	2.000	5.000	0,04	MACACO BRANCO
CK-19	550	500	0,06	MACACO BRANCO
CK-21	1.400	5.000	0,26 0,45	MACACO BRANCO
CK-22	2.900	7.000	0,06 0,072	MACACO BRANCO
CK-26	560	2.000	0,08	APARECIDA
CK-79	1.200	3.000	-	MACACO BRANCO
CK-80	640	700	-	MACACO BRANCO
CK-86	670	700	-	ITAPIRANGA
B-15	600	500	-	MACACO BRANCO
MÉDIA	1.102	2.470	0,145	
BASALTOS SEM DISSEMINAÇÕES VISÍVEIS DE COBRE NATIVO				
CK-02	220	200	0,3	MACACO BRANCO
CK-16	260	1.000	-	MACACO BRANCO
CK-17	80	200	-	MACACO BRANCO
CK-18	160	200	-	MACACO BRANCO
CK-20	250	500	-	APARECIDA
CK-28	160	500	-	FLOR DA SERRA
CK-77	240	300	-	MACACO BRANCO
CK-78	190	200	-	MACACO BRANCO
CK-81	289	700	-	MACACO BRANCO
CK-83	240	500	-	APARECIDA
CK-85	230	300	-	APARECIDA
CK-89	200	500	-	BARRA DO GUARITA
CK-90	140	300	-	BARRA DO GUARITA
CK-92	189	300	-	FLOR DA SERRA
CK-93	230	300	-	FLOR DA SERRA
CK-94	200	300	-	FLOR DA SERRA
MÉDIA	204	394	-	
MÉDIA GERAL	549	1.192	-	

- (4) mesmo na área de Macaco Branco, os valores de cobre em basaltos sem disseminações visíveis de cobre nativo são baixos, inferiores a 280 ppm.

A tabela XVIII apresenta os valores de cobre de basaltos sem indícios de cobre das zonas de fraturamento vertical, fraturamento horizontal de topo e horizontal de base de diversos locais da área do projeto, excluindo-se os basaltos da zona de fraturamento vertical do derrame nº 4 da área de Macaco Branco e todas as amostras de basaltos vesículo-amígdaloídeos. De um modo geral, os valores de cobre são baixos, variando entre 45 e 330 ppm, para os resultados de absorção atômica e, entre 70 e 1.000 ppm, para as análises espectrográficas semi-quantitativas. Os teores de cobre mais baixos foram detectados na amostra CK-58, referente a um possível *sheet* básico com evidências de diferenciação ácida e pegmatítica.

Minério Cuprífero de Baixo Teor. Reservas

Dois aspectos podem ser destacados no que tange à importância econômica das mineralizações de cobre associadas aos derrames basálticos da área do projeto:

- (1) as concentrações de cobre do tipo de intemperismo possuem teores relativamente elevados, alcançando algumas vezes valores econômicos (tabela XV), mas suas dimensões mostraram-se muito restritas, do tipo bolsão, sem continuidade lateral expressiva nos derrames; e
- (2) inversamente, as disseminações magmáticas tardias de cobre nativo, distribuem-se por grandes extensões ao longo de determinados derrames, mas seu teor em cobre é baixo, subeconômico.

TABELA XVIII

VALORES DE COBRE EM BASALTOS NÃO AMIGDALÓIDES E SEM INDÍCIOS DE COBRE

ANÁLISE Nº AMOSTRA	ABSORÇÃO ATÔMICA (ppm)	ESPECTROGRAFIA DE EMISSÃO (ppm)	Nº DERRAME / ZONA / ÁREA
CK-01	70	200	2 / V / Itapiranga
CK-03	230	700	5 / V / Itapiranga
CK-08	130	300	1 / Hb / Dourado
CK-09	190	500	2 / Hb / Dourado
CK-23	330	1.000	2 / V / Dourado
CK-24	250	500	2 / V / A. Sociedade
CK-25	250	1.000	2 / Hb / A. Sociedade
CK-29	120	500	6 / Ht / Flor da Serra
CK-30	130	500	2 / Sheet / S. Judas Tadeu
CK-32	130	700	2 / V / Aparecida
CK-33	100	200	7 / V / São Lourenço
CK-34	45	200	4 / V / B. do Guarita
CK-35	230	500	2 / Ht / São Miguel
CK-36	160	500	7 / Hb / Flor da Serra
CK-38	220	300	2 / V / Volta Grande
CK-39	150	300	4 / V / Mondaf
CK-40	90	200	6 / Ht / Linha Morais
CK-41	130	300	6 / V / Linha Morais
CK-42	55	500	6 / Hb / Linha Morais
CK-43	50	300	5 / V / Linha Morais
B-13	95	200	7 / V / SC-472 - Km 26
CK-44	130	300	8 / Hb / Linha Morais
CK-45	55	500	11 / V / Vista Alegre
CK-46	50	300	10 / V / Vista Alegre
CK-49	95	200	9 / V / Vista Alegre
CK-51	140	500	8 / V / Vista Alegre
CK-56	130	300	9 / V / São Paulo
CK-58	27	50	V (Sheet) Iraí
CK-59	260	300	4 / V / Linha União
CK-60	220	200	6 / V / Linha União
CK-69	180	300	2 / V / Dourado
CK-70	85	200	2 / V / Dourado
CK-71	75	300	2 / V / Santa Fé
CK-72	140	200	2 / Ht / Itapiranga
CK-73	70	70	4 / V / Itapiranga
CK-74	110	150	4 / V / Itapiranga
CK-75	130	300	6 / Hb / Itapiranga
CK-76	140	200	6 / V / Itapiranga
CK-84	100	200	4 / V / Aparecida
CK-87	190	300	2 / V / B. do Guarita
CK-88	120	200	3 / V / B. do Guarita
MÉDIA	142	353	

V - Zona intermediária de fraturamento vertical

Ht - Zona de disjunção horizontal de topo

Hb - Zona de disjunção horizontal de base

Estes resultados configuram um quadro econômico insatisfatório para o cobre dos basaltos em termos de minérios padrões, mas fortalecem a possibilidade de delimitação de áreas basálticas mineralizadas contendo minério cuprífero de baixo teor, mas em grandes reservas. Esta possibilidade já tinha sido preconizada por Suszczyński (1975) que, referindo-se ao potencial cuprífero da província basáltica da Bacia do Paraná, destacou a importância "em selecionar regiões cupríferas e dentro delas áreas mineralizadas que contenham minério cuprífero disseminado de baixo teor". Ainda segundo esse autor, as áreas mineralizadas poderiam conter em uma extensão contínua ou subcontínua "dezenas ou centenas de milhões de toneladas de rocha cuprífera mineralizada com 0,2 a 0,4% de Cu" passíveis de serem exploradas economicamente, dependendo das condições tecnológicas de extração do cobre dos basaltos.

Neste contexto, a área do presente projeto inclui-se na região cuprífera da porção NNW do Rio Grande do Sul e extremo oeste catarinense, a qual se estende para o norte da bacia, indo ao encontro de outras regiões cupríferas, como as situadas na porção SW do Estado do Paraná e ao sul do limite entre os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. Todas essas regiões fazem parte de uma ampla faixa de direção aproximadamente N-S que coincide caracteristicamente com a "anomalia centro-oeste paranaense" estabelecida por Rilegg (1975), em conformidade com os dados químicos das rochas basálticas da Bacia do Paraná e no interior da qual estão registrados os teores mais altos de cobre (fig. 34) e de ferro total (fig. 35). Aliás, o ferro também é abundante nas rochas associadas aos depósitos de cobre nativo do Lago Superior (Michigan, USA) e de Corocoro (Bolívia), como evidenciado pela cor predominantemente avermelhada dessas rochas (Bastin, 1933).

A área do Projeto Cobre em Itapiranga situa-se na porção mais meridional dessa anomalia regional de cobre (e

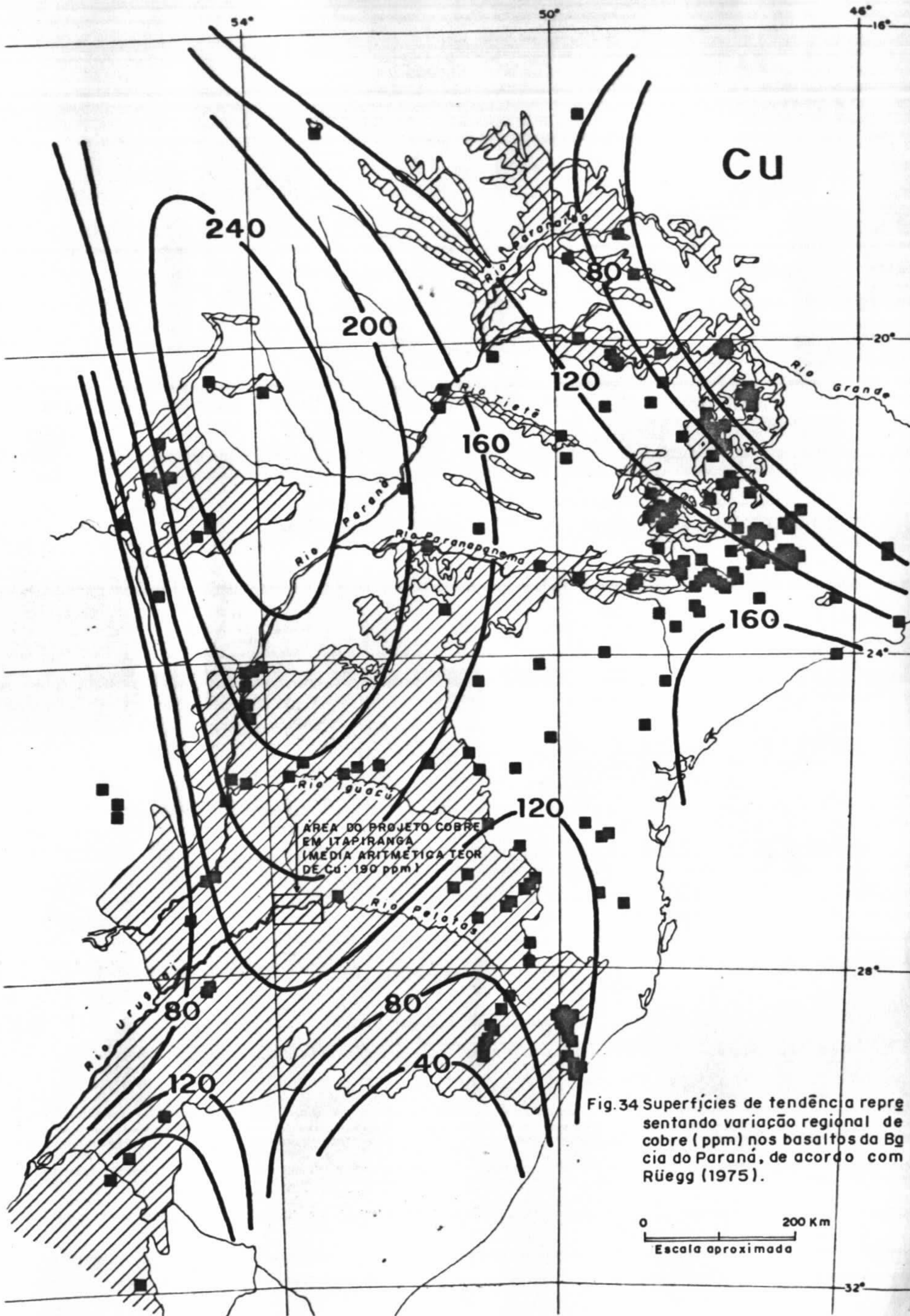


Fig. 34 Superfícies de tendência representando variação regional de cobre (ppm) nos basaltos da Bacia do Paraná, de acordo com Rüegg (1975).

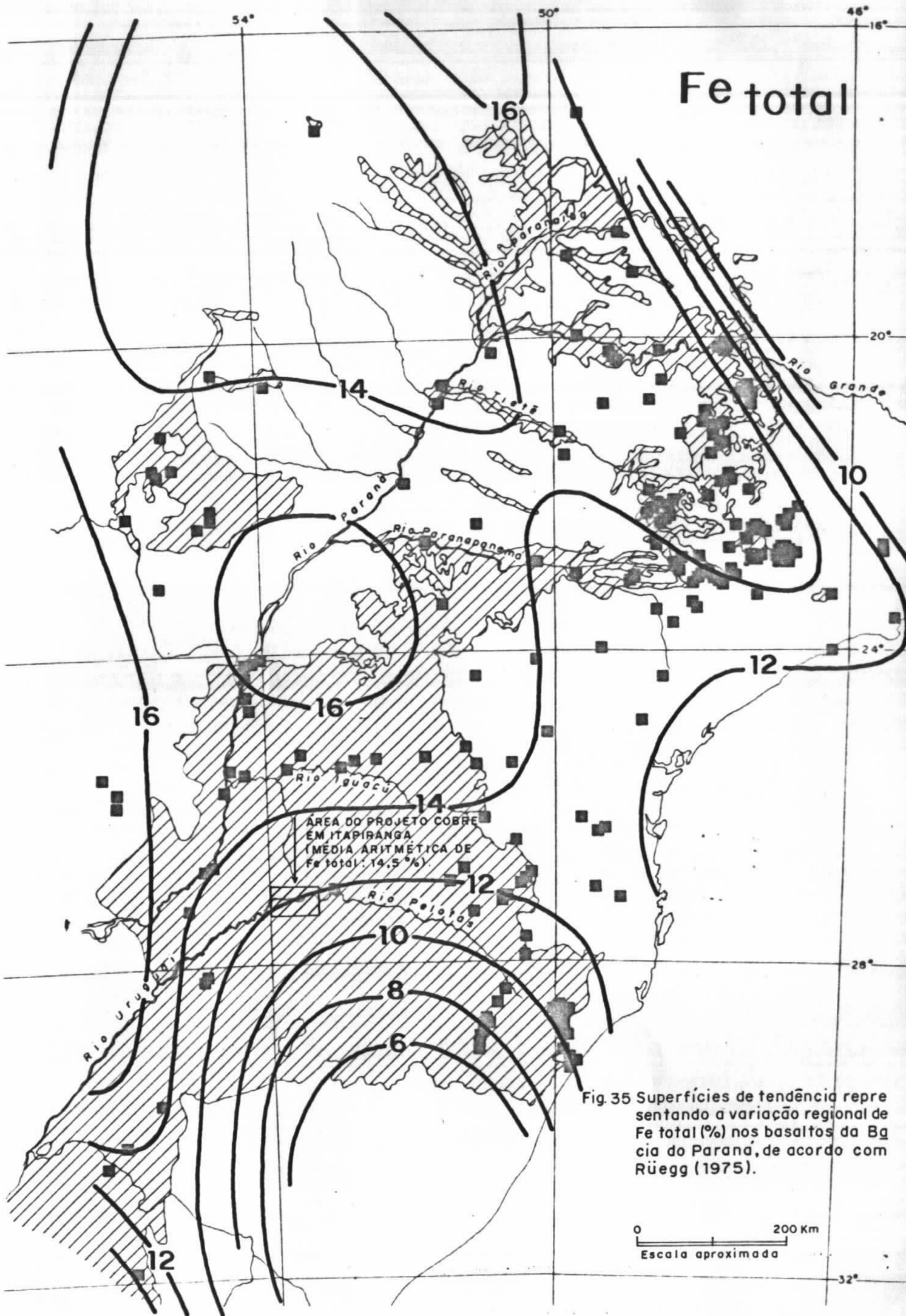


Fig. 35 Superfícies de tendência representando a variação regional de Fe total (%) nos basaltos da Bacia do Paraná, de acordo com Rüegg (1975).

de ferro), praticamente fora da região potencialmente mais favorável para cobre em basaltos. Estes mapas de teores de cobre e de ferro (figuras 34 e 35) e o registro das ocorrências mais significativas de cobre concorrem para indicar a região oeste do Estado do Paraná como a mais interessante para a prospecção de cobre em basaltos, visando ao bloqueio de grandes reservas de minério cuprífero de baixo teor.

Na área do presente estudo selecionou-se as áreas mineralizadas mais notáveis com depósitos de cobre de intemperismo (anexos VII, VIII e IX). Para essas áreas não se tem cálculos de reservas de cobre ou de basalto amigdalóide cuprífero em razão do caráter descontínuo da mineralização e dos teores muito heterogêneos de cobre.

Com referência às disseminações de cobre nativo, não se pôde delimitar áreas mineralizadas em razão do pequeno número de dados químicos de cobre. Indicou-se os locais de maior concentração de ocorrências de cobre, Macaco Branco e Aparecida (anexo VI), e o derrame basáltico nº 4 (anexos VI e VIII), no qual constatou-se os valores mais altos de cobre (tabela XVII).

Para se ter uma idéia de grandeza, estimou-se a reserva de cobre da zona intermediária do referido derrame nº 4, considerando-se que o teor médio dessa zona (0,15%) persista por toda sua extensão. No cálculo de reservas considerou-se ainda:

- área aflorante (ou com delgada cobertura do derrame nº 5) do derrame nº 4, planimetrada a partir de mapas geológicos em escala 1:50.000
= 73.925.000 m²;
- espessura média da zona intermediária = 35 m; e
- densidade da rocha basáltica = 2,8 ton/m³.

Reserva Inferida de Cobre (zona intermediária do derrame nº 4) = $73.925.000 \text{ m}^2 \times 35 \text{ m} \times 2,8 \text{ ton/m}^3 \times 0,15\% \approx 11.000.000 \text{ ton}$.

6.2 - JAZIMENTOS DE AMETISTA

6.2.1 - Associados aos Derrames Basálticos

A principal região produtora de ametista do Brasil é a do Alto Uruguai, localizada a NNW do Estado do Rio Grande do Sul, englobando parcialmente os municípios de Iraí, Frederico Westphalen, Planalto, Alpestre e Rodeio Bonito. Esta região representa um prolongamento para leste da área do Projeto Cobre em Itapiranga, com as mesmas características geológicas.

Os jazimentos de ametista do Alto Uruguai foram objetos de estudo de trabalho recente (Szubert *et alii*, 1978), o qual ressaltou alguns aspectos básicos de interesse para a prospecção desses depósitos, a saber:

- (1) todos os jazimentos de ametista localizam-se em um único derrame basáltico, situado estratigraficamente logo abaixo do penúltimo e último derrames;
- (2) o derrame portador de ametista ocupa sempre a mesma posição topográfica, aproximadamente entre as cotas de 400 e 440 m;
- (3) o derrame mineralizado apresenta invariavelmente um nível superior de brecha vulcânica, constituída de uma mistura de blocos irregulares de arenito fino e de fragmentos de basalto amigdalóide; e

- (4) a mineralização, de paragênese fundamentalmente silicosa, situa-se invariavelmente entre a zona amigdalóide e a zona maciça, imediatamente abaixo de uma zona de basalto microvesicular e intensamente fraturado que os garimpeiros chamam de "cascalho" (fotos 25 e 26).

O derrame mineralizado e os garimpos ou minas de ametista estão assinalados no mapa geológico da figura 36, obtido de Szubert *et alii* (*op. cit.*). O perfil típico de um derrame mineralizado pode ser visualizado na figura 8, no qual a mineralização silicosa situa-se no contato da chamada zona de "cascalho" e a zona de fraturamento horizontal.

O derrame com jazimentos de ametista da região do Alto Uruguai aparece no interior da área do projeto, com certeza, apenas em Frederico Westphalen (fig. 11, fotos 7 e 8) e, possivelmente, nas regiões mais altas de Itapiranga (Cristo Rei, Beato Roque), desaparecendo por erosão nas demais porções.

Entretanto, outros derrames basálticos com mineralizações silicosas foram registrados na área do projeto. Os depósitos mais interessantes, com garimpagem intermitente de ametista, aparecem nas seguintes localidades:

- (1) Carreirão (Palmitinhos), derrame nº 5 (ocorrências nºs 55, 63, 64, 65 e 66) (anexo IX);
- (2) Vista Gaúcha (Tenente Portela), derrame nº 4 (ocorrência nº 52) e derrame nº 3 (ocorrências nºs 53 e 54) (anexo VIII);
- (3) Tunas (Itapiranga), derrame nº 2 (ocorrência nº 2) (anexo VII); e
- (4) Beato Roque (Itapiranga), derrame nº 6 (ocorrência nº 6) (anexo VII).

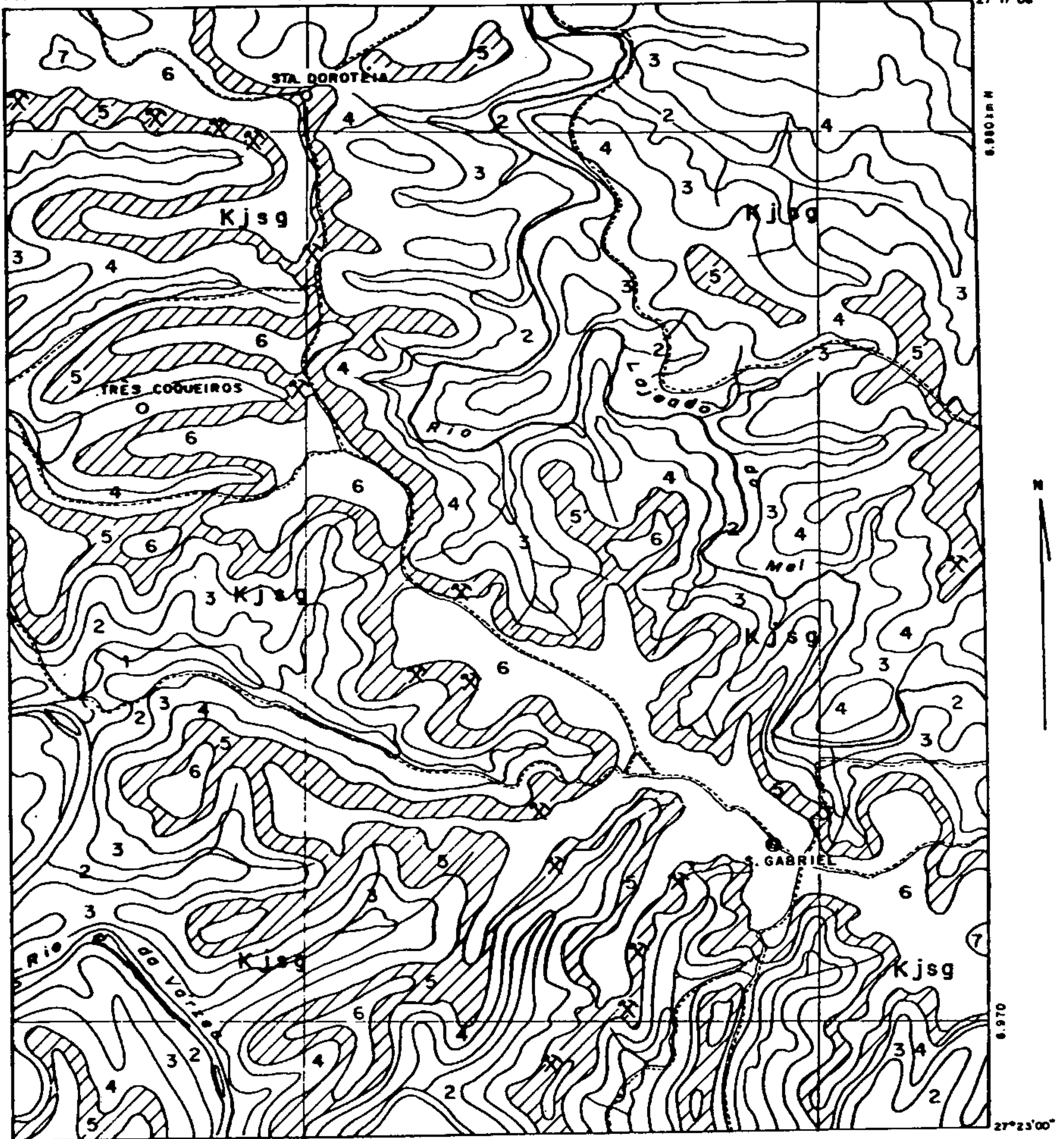
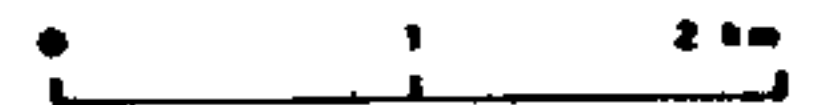


Fig. 38 - MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DOS JAZIMENTOS DE AMETISTA DO ALTO URUGUAI (PARCIAL)

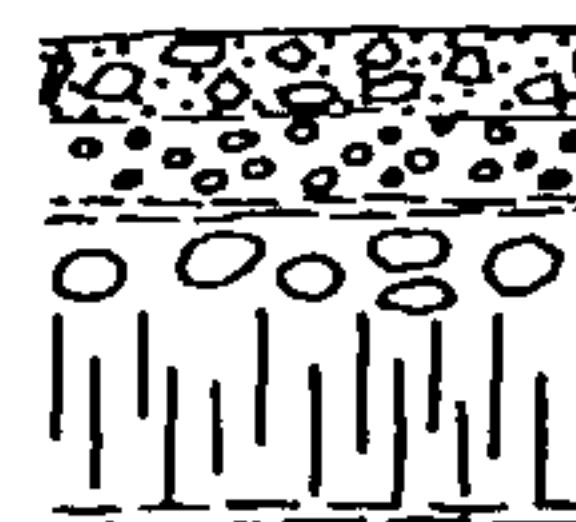
FORMAÇÃO SERRA GERAL



DERRAMES BASÁLTICOS TOLEÍTICOS HORIZONTALIZADOS. ESPESURAS ENTRE 20 E 40 METROS, SEPARADOS COMUMENTE POR LENTES (ALGUNS cm) DE ARENITO FINO E/OU "BRECHAS" VULCÂNICAS (BASALTO AMIGDALÓIDE MAIS ARENITO).



DERRAME PORTADOR DA MINERALIZAÇÃO, DETALHADO "A DIREITA"



ARENITO + BASALTO AMIGDALÓIDE ("BRECHA")
 BASALTO AMIGDALÓIDE
 BASALTO MICROVESICULAR C/ GEODOS DE AMETISTA, QUARTZO INCOLOR E CALCEDÔNIA
 BASALTO MACIÇO COM DISJUNÇÃO VERTICAL
 BASALTO COM DISJUNÇÃO HORIZONTAL

- ✕ MINAS OU BARIMPOS DE AMETISTA, QUARTZO INCOLOR E CALCEDÔNIA
- VILA
- LOCALIDADE
- ESTRADA
- ~~~~~ DRENAGEM

Outros depósitos silicosos de menor importância, constituídos de geodos de calcedônia, quartzo e rara ametista de baixa qualidade, foram identificados nas seguintes situações:

- (1) São Judas Tadeu (Frederico Westphalen), derrame nº 4 (ocorrência nº 72);
- (2) Linha União (Palmitinhos), derrame nº 3 (ocorrência nº 41);
- (3) Linha Morais (Caiçara), derrame nº 6 (ocorrências nºs 44, 45, 46 e 47); e
- (4) Flor da Serra (Tenente Portela), derrame nº 4 (ocorrência nº 37).

Registrou-se ainda uma ocorrência de ágata, com calcedônia e quartzo e sem ametista abaixo da zona amigdalóide do derrame nº 4 (ocorrência nº 26), próxima ao lajeado Prado, no município de Vicente Dutra.

O estudo de todos esses depósitos silicosos evidencia:

- (1) a existência de vários derrames basálticos com mineralização silicosa, contendo geodos revestidos internamente de calcedônia, às vezes, ágata, e parcialmente preenchidos por cristais de quartzo e de ametista (foto nº 26);
- (2) a presença de arenito no topo dos derrames, sob a forma de níveis individualizados (fotos 25) ou misturado com basalto amigdalóide, não é comum a todos os derrames mineralizados; de outro modo, muitos derrames com arenito no topo não contêm depósitos de ametista e quartzo in

color sob a forma de geodos; e

- (3) a única característica comum a todos os derrames com geodos silicosos é a presença de uma zona de basalto microvesicular e intensamente fraturado ("cascalho"), situada entre a zona vesículo-amígdaloïdal e a zona de fraturamento horizontal.

Este conjunto de características ressalta a importância da zona microvesicular e fraturada na gênese dos jazimentos de ametista, em contraste com os arenitos intercalares, os quais foram considerados por Bossi e Caggiano (1974) como possível única fonte de sílica dos níveis de geodos de interesse comercial.

O fornecimento de sílica não parece ser um fator muito importante na formação dos jazimentos de ametista, uma vez que a presença de quartzo, calcedônia e outros minerais secundários à base de SiO_2 é registrada nos espaços vazios de todos os derrames, indistintamente.

A importância da denominada zona de "cascalho" é mais específica e se deve à existência de espaços abertos na sua estrutura microvesicular e fraturada suficientemente grandes para permitir o desenvolvimento de geodos e drusas.

Quanto à origem dos geodos silicosos, é bem provável que seja semelhante à dos depósitos de cobre da zona amígdaloïde, os quais estão relacionados ao intemperismo de basáltos e à percolação de águas superficiais. A sílica, proveniente da decomposição dos minerais silicatados pela ação intempérica, propiciaria a deposição de calcedônia, ágata, quartzo e ametista nos espaços vazios existentes nos derrames basálticos. Em favor dessa idéia, Matsui *et alii* (1974) constataram que as águas contidas em geodos de calcedônia e de quartzo do Salto Jacuí (RS) tem uma origem meteórica,

com base nas suas concentrações isotópicas.

6.2.2 - Associados aos Derrames Riódacíticos

Grande parte dos jazimentos de ametista e de ágatas da borda sul do planalto meridional, relacionados aos basaltos da Formação Serra Geral na folha Porto Alegre ao milionésimo (Willig *et alii*, 1974), na verdade estão associados a derrames riódacíticos. Ocorrem principalmente nos municípios de Fontoura Xavier, Barros Cassal, Soledade, Arvorezinha e Ilópolis, em condições geológicas semelhantes a dos depósitos silicosos dos basaltos da região do Alto Uruguai.

Os geodos desses jazimentos são formados por uma capa externa de sílica amorfa e, internamente, por calcedônia bandeada e/ou ágata. São em geral pequenos, desde poucos centímetros até 30-40 cm, atingindo excepcionalmente até 80 cm de diâmetro maior. No interior dos geodos desenvolvem-se frequentemente cristais de quartzo incolor e de ametista, quase sempre de dimensões muito pequenas. As ametistas são normalmente de baixa qualidade, não se prestando ao aproveitamento como gemas, a não ser como citrino (falso topázio ou topázio Rio Grande) após queimadas. A comercialização dessas pedras restringe-se às formas de geodos e drusas para fins de coleção e à fabricação de peças de ornamentação (cinzeiros e outras).

A rocha encaixante dos geodos silicosos contendo ametista da área de ocorrência de Gramado São Pedro (município de Fontoura Xavier) é um riódacito amigdalóide, intensamente intemperizado, com pequenas amígdalas preenchidas por um material argiloso de cor verde (esmectita) e zeolitas do grupo da heulandita. Entre a rocha encaixante e o derrame ácido subjacente (um riolito de granulação finíssima), ocorre um nível de argila verde (provavelmente esmeç

tita), com até 1 m de espessura, sempre presente nos locais de ocorrência. Esta característica, que os garimpeiros chamam de "mancha verde", constitui-se no mais importante guia de prospecção dos jazimentos de ametista associados à sequência ácida da Formação Serra Geral. Outros guias secundários de prospecção são representados por uma notável capa de alteração esbranquiçada (caulinita?), existente na zona amigdalóide dos derrames mineralizados, e por linhas de fonte de água subterrânea, detectáveis entre essa capa de alteração e a base impermeável do derrame riolítico superior.

6.3 - OUTROS DEPÓSITOS MINERAIS

Associadas aos derrames basálticos da área do projeto merecem referência ainda as concentrações de magnetita e de pirolusita, sem interesse econômico, e de água mineral das estâncias hidrominerais de Vicente Dutra e Iraí.

A magnetita forma alguns depósitos superficiais por concentração mecânica ("*placers*") em aluviões e sedimentos de corrente relacionados à rede de drenagem. As maiores concentrações aparecem localmente em restritas praias do rio Uruguai, como em Sede Capela (ocorrência nº 38) e próximo à foz do rio Macaco Branco (ocorrência nº 15).

A presença de manganês em massas e módulos irregulares da pirolusita, junto com cristais de quartzo, foi registrada na ocorrência nº 8, próxima à localidade de Ervalzinho, no município de Itapiranga, entre as zonas amigdalóide e de fraturamento horizontal do derrame nº 2. Trata-se de um típico depósito de intemperismo, do tipo residual (Smirnov, 1970), formado pela desintegração e oxidação de basaltos ricos em Mn, sob a ação de agentes meteóricos.

As águas minerais acumulam-se em zonas permeáveis (amigdalóide e de disjunção horizontal) de certos derrames

basálticos localizados nas porções mais baixas de bacias topográficas aproximadamente circulares e semifechadas. São águas essencialmente cálcicas e magnesianas, dotadas de valor terapêutico, podendo ser classificadas dentro do grupo das águas alcalino-terrosas, de acordo com o Código Brasileiro de Águas (Mourão, 1973).

As águas minerais de aproveitamento econômico ocorrem na região com pequeno termalismo, estando normalmente associadas com "lama negra", ambas muito procuradas pelas pessoas que buscam tratamento de saúde nas estâncias hidrominerais de Vicente Dutra e Iraí. A lama, limo, lodo ou *fango* são denominados de pelóides naturais quando utilizados com finalidades terapêuticas, resultando da mistura de água mineral com matéria orgânica e inorgânica, através de processos geológicos e biológicos (Mourão, *op. cit.*).

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1 - REVISÃO DOS RESULTADOS

A fim de estabelecer um modelo global de prospecção e de obter parâmetros básicos de interpretação capazes de servirem de guias para a pesquisa de cobre em derrames basálticos da província vulcânica mesozóica da Bacia do Paraná, foram realizados vários levantamentos em uma área restrita dessa província.

Decorrente desses levantamentos e de alguns estudos preliminares resultou grande quantidade de dados, todos registrados e interpretados nas tabelas, mapas geológicos, mapas de distribuição geoquímica e nos perfis geofísicos dos anexos dos volumes II e III. A interpretação objetiva e pormenorizada do significado desses resultados permitiu responder a quase todas as questões relativas às mineralizações de cobre associadas aos derrames basálticos. Além disso, os dados disponíveis, em confronto com grande número de trabalhos bibliográficos, possibilitaram avançar mais, emergindo um quadro abrangente e atualizado da geologia e geoquímica das rochas basálticas da Bacia do Paraná.

A seguir serão revistos alguns resultados que se destacam na massa dos dados obtidos e que poderão orientar outros desdobramentos relativos ao estudo das rochas basálticas e, em especial, dos depósitos de cobre dessas rochas.

7.1.1 - Relativos à Geologia Regional e de Detalhe

O aspecto pioneiro do presente estudo refere-se

aos mapeamentos geológicos nas escalas 1:50.000 e 1:10.000 de áreas basálticas do território brasileiro, com individualização dos derrames basálticos unitários, e ao estabelecimento de critérios fotogeológicos, físicos, petrográficos e químicos de correlação entre esses derrames.

A seguir serão apresentados sucintamente os aspectos mais destacados ou inéditos no contexto geológico das rochas basálticas da área do projeto, incluindo-se um sumário das condições geológicas que controlam os jazimentos de amethysta associados a essas rochas.

(1) As possanças medidas de derrames basálticos variam de 8 a 80 m, sendo que os valores mais frequentes situam-se entre 15 e 35 m.

(2) As medidas de extensão dos derrames foram prejudicadas pelo relevo muito dissecado da área. Mesmo assim, comprovou-se para o derrame cuprífero (nº 4) das áreas de Flor da Serra e Macaco Branco uma extensão de 30 km e estimou-se uma extensão longitudinal superior a 60 km.

(3) O maior número de derrames basálticos superpostos totalizou 14 derrames e 1 *sheet* básico diferenciado, a partir do nível do rio Uruguai. Abaixo deste nível devem ocorrer, pelo menos, mais 5 corridas de lava.

(4) A existência de pelo menos 6 tipos de derrames basálticos sob o ponto de vista estrutural, cada um apresentando um perfil morfológico distinto.

(5) Em relação à alternância estrutural dos derrames basálticos, destaque para:

- uma zona vesículo-amigdaloidal, invariavelmente presente no topo;

- o zoneamento da porção vesículo-amigdaloidal: uma faixa superficial com vesículas esféricas e muito numerosas, com aspecto compacto quando amigdalóide; e uma faixa basal com vesículas elipsoidais deitadas e estruturas horizontais de fluxo, conferindo ao conjunto um aspecto grosseiramente estratificado;
- duas zonas de diaclasamento horizontal, uma logo abaixo da zona amigdalóide e outra na base dos derrames;
- uma zona intermediária, com fraturamento mais espaçado, predominantemente vertical, que pode coexistir ou ser substituída por uma zona compacta; e
- a não constatação, em nenhum derrame, de uma zona vítrea basal, tampouco uma concentração de vesículas capaz de formar uma zona bem definida na base dos derrames.

(6) A análise petrográfica dos basaltos não trouxe novas informações ao conhecimento mineralógico e textural existente, a não ser a constatação de ortopiroxênios, raramente registrados pela bibliografia em rochas basálticas da Bacia do Paraná.

(7) No que diz respeito à composição química dos basaltos em termos de elementos maiores, destaque apenas para o elevado teor de ferro total, superior ao obtido pelos basaltos de todas as demais províncias vulcânicas, inclusive a da Bacia do Paraná, reconhecidamente uma província muito rica nesse elemento.

(8) Quimicamente, os basaltos são toleíticos, em conformidade com sua mineralogia. São ainda subalcalinos, al

guns com tendência a alcalinos (transicionais) e, excepcionalmente, hiperaluminosos.

(9) Destaque para algumas estruturas secundárias, de características intrusivas e/ou discordantes nos derrames, inéditas no contexto da província basáltica da Bacia do Paraná, como os diques de brecha (*pipes?*), "veios" pegmatíticos e fumarolas, e outras já conhecidas, como os "diques basálticos" e "diques areníticos".

(10) Quase todos os derrames basálticos estão separados entre si por finíssimos níveis (em geral < 0,5 m) de arenitos sílticos, descontínuos, avermelhados, provavelmente eólicos e fortemente endurecidos por silicificação.

(11) Destaque especial para uma ocorrência inédita de arenito fino, bandeado, caracteristicamente de cor verde e intercalado entre as lavas de um derrame delgado de basalto preto, afanítico e rico em vidro.

(12) Identificação de três tipos de brechas vulcânicas, sendo que dois estão relacionados ao topo dos derrames: brecha mista (basalto amigdalóide + arenito) e brecha basáltica (basalto vesicular + basalto compacto); e um terceiro tipo, relacionado possivelmente a frentes de derrames, muito semelhante às lavas "aa".

(13) Registro de uma feição geológica inédita na sequência monótona dos derrames basálticos, com características de campo e texturais não suficientemente claras quanto ao seu caráter extrusivo ou intrusivo. Trata-se de corpos tabulares, sub-horizontalizados, com pseudo-estratificação plano-paralela, composição essencialmente básica e diferenciação ácida e pegmatítica no topo, que foram denominados de *sheets* básicos diferenciados.

(14) A análise estrutural das áreas basálticas revela a pobreza de indícios de movimentação tectônica, ressaltada pela notória horizontalidade dos derrames basálticos. A evidência mais concreta de tectonismo é manifestada por alinhamentos estruturais visualizáveis em fotografias aéreas e comprovados no campo por faixas de maior concentração de fraturas e juntas.

(15) A grande diversidade de rochas da província vulcânica mesozóica da Bacia do Paraná é explicada através de um modelo petrogenético abrangente, em íntima correlação com a evolução vulcano-estrutural dessas rochas. Os basaltos dominantes da base correspondem ao estágio inicial de fissura, os termos intermediários (islanditos), muito escassos, ao estágio de vulcanismo de escudo e as lavas superiores ricas em sílica ao estágio dômico (*cumulo-volcano*).

(16) Os jazimentos de ametista da região do Alto Uruguai (NNW do RS) localizam-se sempre em um único derrame basáltico, logo abaixo do penúltimo e último derrames expostos, a uma altitude aproximadamente constante entre 400 e 440 m. Outros derrames basálticos, com posições estratigráfica e topográfica diferentes, foram registrados na área do projeto contendo depósitos silicosos com ametista, alguns com possível interesse econômico.

(17) Na gênese dos jazimentos de ametista é ressaltada a importância de uma zona de basalto microvesicular e muito fraturado ("cascalho"), comum a todos os derrames basálticos com mineralização silicosa, que possui espaços abertos suficientemente grandes para permitir o desenvolvimento de geodos com cristais de ametista. A origem dos depósitos silicosos é atribuída hipoteticamente ao intemperismo dos basaltos e à percolação das águas meteóricas, sendo a sílica proveniente da decomposição dos minerais silicatados.

7.1.2 - Relativos à Prospecção de Cobre

Resultados Geoquímicos de Sedimentos de Corrente, Solos e Rochas

(a) Sedimentos de Corrente

(1) Predominância de magnetita nas frações mais grosseiras da base dos sedimentos de corrente, diferentemente das porções mais superficiais quase que exclusivamente argilosas.

(2) Os teores mais elevados de cobre total estão diretamente relacionados aos percentuais de magnetita nas frações mais grosseiras.

(3) Ausência de valores elevados de cobre a frio que caracterizem possíveis anomalias.

(4) Nenhuma correspondência entre valores elevados de cobre a frio e valores elevados de cobre total, em razão de que os primeiros estão relacionados a um acréscimo de argila e, os segundos, a um acréscimo de magnetita, em frações granulométricas diferentes.

(b) Solos

(1) De um modo geral, os teores mais altos de cobre em solos refletiram o derrame mineralizado ou a zona portadora das ocorrências cupríferas.

(2) A ausência ou a descontinuidade de valores mais altos de cobre ao longo de uma suposta zona mineralizada (depósitos de intemperismo) indica que as mineralizações são restritas aos pontos de ocorrências conhecidas e que a dispersão de cobre é muito pequena ou inexistente.

(3) É notável a associação dos teores mais elevados de cobre com zonas de *seepage*, as quais localizam-se preferencialmente no contato das zonas amigdalóide e de diaclasamento horizontal dos derrames basálticos.

(4) A fraca dispersão do cobre em solos é mais um fator a indicar que o cobre dos depósitos superficiais de intemperismo e tardi-magmáticos restringe-se aos locais de suas ocorrências, não atingindo os sedimentos de drenagem.

(c) Rochas

(1) A média aritmética do teor de cobre de basaltos sem mineralização cuprífera é de 190 ppm. Nas áreas mineralizadas obteve-se uma média de 1102 ppm para os basaltos com disseminações finas de cobre nativo e 2843 ppm para os basaltos com vesículas e fraturas preenchidas por cobre nativo e oxidados de cobre.

(2) A geoquímica de rocha foi particularmente importante na detecção de valores elevados de cobre, entre 500 e 1000 ppm, em basaltos sem nenhum indício macro e microscópico de cobre.

(3) É muito boa a correspondência entre valores de cobre e ferro, à semelhança do que ocorre nos distritos cupríferos do Lago Superior (Michigan, USA) e Corocoro (Bolívia), onde as rochas encaixantes dos depósitos de cobre nativo possuem elevados teores de ferro.

Resultados Geofísicos de Polarização Induzida (IP) e Magnetometria

(1) Várias anomalias de IP foram detectadas nas áreas-alvo de Vista Alegre e Flor da Serra. Selecionam-se três para teste com furos de sonda: duas em Vista Alegre, vi

sando ao intervalo entre os derrames nº 9 e nº 7; e uma em Flor da Serra para testar o intervalo entre o topo do derrame nº 5 e o topo do derrame nº 4.

(2) Os resultados da magnetometria são menos confiáveis em razão de estarem possivelmente relacionados às concentrações de magnetita. Além disso, não é boa a correspondência entre as anomalias de campo magnético e as de IP.

(3) A rigidez no espaçamento entre os eletrodos e no número limitado de níveis de leitura do método de IP, sem a conveniente flexibilidade de compatibilização entre método aplicado e objetivos, ocasionou uma detecção irregular e incompleta de certos derrames objetos de interesse das áreas-alvo.

7.1.3 - Metalogenia e Importância Econômica das Mineralizações Cupríferas

(a) Metalogenia

(1) As mineralizações de cobre associadas aos derrames basálticos foram classificadas em dois tipos bem distintos, denominados de depósitos de intemperismo e tardi-magmáticos.

(2) O tipo mais comum é o de intemperismo, constituído de agregados coliformes com bandeamentos concêntricos de crisocola e malaquita na periferia, passando para as zonas da tenorita e da cuprita, e massas amorfas de cobre nativo no centro. Resultam do preenchimento por minerais de cobre dos espaços abertos da zona vesículo-amigdaloidal dos derrames basálticos, sob nítidos controles geomorfológico e hídrico superficial.

(3) Os depósitos tardi-magmáticos são representados por disseminações finas de cobre nativo, esparsas no seio das rochas basálticas, especialmente na zona intermediária de fraturamento vertical dos derrames de grande espessura. São sempre acompanhados, de algum modo, pela alteração de minerais pré-existentes, sugerindo uma relação mais provável com processos de natureza hidrotermal, posteriores à cristalização da lava e relacionados ao próprio derrame mineralizado.

(4) Um possível terceiro tipo de depósito, constituído de lamelas dendríticas de cobre nativo, pouca cuprita e minerais de alteração, confinados em microfraturas dos basaltos da zona intermediária, parece estar relacionado aos depósitos tardi-magmáticos.

(5) A fonte primária de cobre é especulada como sendo os minerais máficos pré-existentes (piroxênios, magnetita e ilmenita) e/ou o próprio cobre nativo intersticial, possivelmente exsoluto.

(b) Importância Econômica

(1) Os depósitos de cobre do tipo de intemperismo possuem teores relativamente elevados, alcançando algumas vezes valores econômicos, mas suas dimensões mostraram-se muito restritas, do tipo bolsão, sem uma continuidade lateral expressiva nos derrames.

(2) O fator geomorfológico controlador muito variável e a grande heterogeneidade dos basaltos da zona vesículo-amigdaloidal em termos de permeabilidade restringem enormemente as condições de deposição dos minerais de cobre e diminuem sensivelmente a importância econômica desses depósitos.

(3) Os depósitos de intemperismo são comparáveis às concentrações epigenéticas de cobre que preenchem os espaços vazios do topo amigdalóide dos derrames basálticos do Distrito de Cobre do Lago Superior (Michigan, USA) no que se refere à mineralogia e aos modos e formas de ocorrência dos minerais de cobre e de ganga. A maior concentração econômica dos minérios amigdaloidais de Michigan (teor médio de 0,88% de cobre, segundo Lindgren, 1933), responsáveis por 58% da produção cuprífera desse distrito (White, 1967), possivelmente esteja relacionada aos tipos e à intensidade dos processos que originaram tais depósitos.

(4) O *show* das mineralizações de cobre nativo em meio à rocha, incluindo o preenchimento de microfraturas da zona intermediária dos derrames, é comumente fraco, em razão do diminuto tamanho dos minerais cupríferos, muitas vezes invisíveis à vista desarmada, e do caráter esparsa da sua distribuição.

(5) A sua origem possivelmente hidrotermal, ligada a processos magmáticos tardios relacionados ao derrame mineralizado, indica uma extensão ampla e generalizada para esses depósitos, em consonância com a própria extensão do referido derrame.

(6) Os resultados geoquímicos revelaram teores de cobre muito altos para basaltos normais, mas ainda abaixo dos valores clássicos dos minérios cupríferos.

(7) Os teores de cobre são especialmente elevados para os basaltos de granulação fina da zona intermediária de fraturamento vertical do derrame nº 4 da área-alvo de Macaco Branco. A reserva inferida de cobre dessa zona, considerando que o teor médio de 0,15% de cobre persista por toda extensão do derrame, é de 11.000.000 ton.

(8) Todos esses resultados configuram um quadro econômico insatisfatório para o cobre dos basaltos em termos de minérios padrões, mas fortalecem a possibilidade de delimitação de áreas mineralizadas contendo minério cuprífero de baixo teor, mas em grandes reservas.

7,2 - METALLOTECTS E METODOLOGIA PARA PESQUISA DE COBRE EM BASALTOS

Do estudo metalogenético das mineralizações de cobre associadas aos derrames basálticos resultaram alguns *metallotects* que poderão orientar outros trabalhos de pesquisa de cobre em áreas similares da província basáltica da Bacia do Paraná. Os *metallotects* dos depósitos de intemperismo podem ser classificados em três grupos interdependentes.

(1) Hídrico-geomorfológicos - O controle geomorfológico se manifesta pela suavização local do relevo na passagem da zona vesículo-amigdaloidal para a zona de diaclasamento horizontal dos derrames basálticos. Está intimamente relacionado com a percolação das águas de origem superficial e o alto pH dessas águas (> 8), fatores que otimizam as condições de deposição dos minerais de cobre nas cavidades abertas da zona vesículo-amigdaloidal. Os locais preferenciais dos depósitos de cobre constituem as chamadas zonas de *seepage*, representadas por pequenos cinturões situados no contato das zonas vesicular e de diaclasamento horizontal, ao longo das quais emergem as linhas da fonte (*phreatic line*).

Regionalmente, os terrenos basálticos cupríferos mais favoráveis à localização de áreas mineralizadas com depósitos de cobre de intemperismo são representados por regiões de relevo acidentado, intensamente dissecado em patamares escalonados e em íntima harmonia com um sistema hidro

lógico forte e atuante. Na província basáltica da Bacia do Paraná, tais regiões aparecem principalmente nas bacias dos rios Ivaí, Piquiri, Iguaçu e Chopin, no Estado do Paraná, e dos rios da Várzea, Guarita, Peperi-Guaçu e Turvo, nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Nas rochas basálticas dessas bacias localizam-se as regiões cupríferas com as mais notáveis e numerosas ocorrências de cobre.

(2) Geológicos - Do contexto hídrico-geomorfológico antes referido, resultam dois *metallotects* geológicos:

- derrames basálticos superiores: ocupam as partes mais altas da topografia, onde a proximidade com a superfície facilita o acesso e a percolação das águas meteóricas; estão comumente representados pelo penúltimo e/ou antepenúltimo derrames da área possivelmente mineralizada; e
- zona vesículo-amigdaloidal: local mais favorável para a deposição dos minerais de cobre, em razão da existência de cavidades abertas na sua estrutura, representadas por vesículas e fraturas.

(3) Geoquímicos - Detectou-se apenas dois *metallotects* geoquímicos:

- pH fortemente alcalino (> 8) das águas de percolação; e
- valores relativamente altos de Fe_2O_3 ($> 10\%$) e baixos de FeO ($< 5\%$) nos basaltos amigdaloides encaixantes dos depósitos de intemperismo.

Os *metallotects* dos depósitos magmáticos tardios

são bem menos conspícuos que os mencionados anteriormente para os depósitos de intemperismo. A seguir são propostos três possíveis *metallotects* que necessitam de estudos mais detalhados e sistemáticos para comprovarem sua validade na prospecção de cobre de áreas basálticas:

- derrames basálticos de grande espessura (> 60 m);
- zona intermediária dos derrames espessos, onde desenvolvem-se preferencialmente os processos de natureza hidrotermal, posteriores à cristalização da lava e relacionados ao próprio derrame mineralizado; e
- basaltos típicos, de cores escuras, granulação muito fina e texturas microporfiríticas.

Este quadro metalogenético e os resultados obtidos dos mapeamentos geológicos e dos levantamentos geoquímicos e geofísicos recomendam uma metodologia para a pesquisa de cobre em basaltos alicerçada fundamentalmente em mapeamentos geológicos, com enfoque metalogenético, e em prospecção geoquímica de rochas e, subordinadamente, de solos.

As razões da não utilização de sedimentos de corrente em futuros trabalhos de prospecção de cobre de áreas basálticas de platô, com depósitos cupríferos semelhantes aos estudados, estão alinhadas no item 4.1.5 desse relatório e referem-se principalmente à diminuta ou inexistente dispersão secundária de cobre, a qual restringe-se aos locais de ocorrências cupríferas, não atingindo os sedimentos de drenagem.

Quanto aos métodos geofísicos de polarização induzida (IP) e de magnetometria, usados no presente estudo, a sua validade só será comprovada evidentemente com os furos de sonda propostos para as áreas-alvo de Vista Alegre e Flor

Serra (item 5.3). Acredita-se, entretanto, que os depósitos de cobre de intemperismo e os tardi-magmáticos muito dificilmente poderão ser detectados pelos citados métodos, tendo em vista as características espaciais dos depósitos de intemperismo e o modo e a forma de ocorrência dos tardi-magmáticos.

A posição superficial dos depósitos de cobre de intemperismo e sua relação supostamente exclusiva com zonas de *seepage* recomendam métodos mais diretos de prospecção e de avaliação. Por essas razões, acredita-se que as anomalias de IP das áreas-alvo de Vista Alegre e Flor da Serra não estão relacionadas com esses depósitos, uma vez que não é prevista uma continuidade lateral da mineralização em sub-superfície. É bem verdade que a execução dos furos de sonda propostos pela geofísica poderia testar não só as anomalias de IP, bem como esse caráter espacial dos depósitos de intemperismo.

No caso dos depósitos magmáticos tardios, a restrição ao uso de métodos geofísicos é outra. Embora se admita uma continuidade lateral ampla da mineralização cuprífera ao longo de toda extensão do derrame mineralizado, o caráter finamente disseminado e a distribuição muito esparsa dos minerais de cobre são feições pouco ou nada detectáveis geofisicamente.

Duas outras limitações ao uso dos métodos geofísicos referem-se às altas concentrações de magnetita e outros óxidos e hidróxidos de ferro, especialmente nos derrames basálticos cupríferos, dificultando a interpretação dos resultados, e à grande variação de relevo das áreas basálticas mais prospectivas para cobre.

Com *metallotects* bem definidos, especialmente no caso dos depósitos de intemperismo, a prospecção de cobre das áreas basálticas pode ser realizada com métodos diretos, como são os mapeamentos geológicos dirigidos, substanciados

em intensa amostragem de rochas e solos.

Os mapeamentos geológicos regionais das regiões cupríferas podem ser efetuados em uma 1ª fase na escala 1:50.000, a partir das aerofotos disponíveis em escala 1:60.000, que permitem uma razoável separação dos derrames basálticos. Nestes mapas já é possível indicar, com simbologia adequada, os *metallotects* hídrico-geomorfológicos (patamares do relevo, linhas de fonte, etc.) e os derrames superiores mais favoráveis à localização dos depósitos de intemperismo. Simultaneamente a esses mapeamentos regionais devem ser realizados um cadastro minucioso das ocorrências de cobre, semelhantemente ao que foi feito neste projeto, e a prospecção geoquímica de rochas e solos, visando à identificação de derrames basálticos cupríferos ou áreas mineralizadas a cobre.

A geoquímica de rocha mostrou-se particularmente importante na detecção de derrames ou zonas basálticas com depósitos tardi-magmáticos de cobre, especialmente nos casos em que não existe nenhum indício macro ou microscópico visível de cobre. Os resultados geoquímicos de cobre em solos, por sua vez, apesar da fraca ou inexistente dispersão de cobre constatada neste estudo, constituem um elemento auxiliar valioso na identificação dos derrames cupríferos ou das zonas portadoras das ocorrências de cobre.

As áreas mineralizadas, selecionadas dentro das regiões cupríferas a partir dos estudos de caráter mais regional, poderão ser mapeadas em uma 2ª fase na escala 1:25.000 ou, preferencialmente, na escala 1:10.000. Estes mapas, com enfoque essencialmente metalogenético, deverão conter:

- (1) detalhamento dos *metallotects* hídrico-geomorfológicos (suavização do relevo nos derrames superiores, zonas de *seepage*, etc.);

- (2) individualização do(s) derrame(s) com depósitos de intemperismo;
- (3) individualização das zonas vesículo-amigdaloidais dos derrames mineralizados;
- (4) indicação de derrames basálticos muito espessos (> 60 m), capazes de conterem depósitos magmáticos tardios; e
- (5) curvas de isóteores de Cu e, possivelmente, de Fe_2O_3 e FeO.

A amostragem de rochas (e solos) dessa fase deve ser criteriosamente dirigida aos *metallotects* citados. Todas as amostras devem ser analisadas para cobre por absorção atômica. Além de Fe_2O_3 e do FeO, outros prováveis *metallotects* geoquímicos para cobre em basaltos podem ser testados, como o vanádio e, ainda, o manganês e o magnésio. Medidas de pH das águas de percolação dos derrames também podem ser efetuadas durante essa fase em amostras obtidas de fontes naturais, poços rasos escavados e poços tubulares profundos.

7.3 - SELEÇÃO DE ÁREAS PARA FUTUROS LEVANTAMENTOS

Dois tipos de áreas ou regiões cupríferas podem ser selecionadas com vistas a futuros levantamentos de pesquisa de cobre em basaltos.

(1) Áreas Mineralizadas - Foram selecionadas dentro da região cuprífera da área do presente projeto e estão indicadas nos mapas geológicos em escala 1:50.000 das folhas Itapiranga, Mondaí, Tenente Portela e Frederico Westphalen (anexos VI a IX).

As duas áreas mineralizadas mais destacadas com depósitos de intemperismo são:

Vista Alegre - São Paulo - São Judas Tadeu (anexo IX) - É a maior área em extensão, registrando-se 25 ocorrências de cobre, principalmente na zona amigdalóide do derrame nº 9 (15 indícios), mas aparecendo também no topo dos derrames nºs 8, 10 e 11, em Vista Alegre.

Flor da Serra (anexo VIII) - As ocorrências de cobre dessa área são as mais significativas do tipo de intemperismo. Localizam-se invariavelmente no contato das zonas amigdalóide e de diaclasamento horizontal do derrame nº 4, sob evidente controle geomorfológico.

A principal área mineralizada com disseminações tardi-magmáticas de cobre nativo situa-se entre o rio Macaço Branco e a localidade de Aparecida (anexo VI), onde registrou-se seis locais com esse tipo de mineralização e vários valores de cobre superiores a 500 ppm em basaltos da zona intermediária do derrame nº 4.

A área mais favorável para novos estudos de maior detalhe, objetivando o referido derrame nº 4, está indicada no mapa da área do projeto (anexo XXI).

A metodologia para a pesquisa de cobre dessas áreas é a mesma sugerida anteriormente (2ª fase) para áreas mineralizadas, compreendendo essencialmente um mapeamento com enfoque metalogenético e uma amostragem sistemática de rochas, acrescentando-se possivelmente furos de sonda com profundidades previstas inferiores a 100 m.

(2) Regiões Cupríferas - Dentro da província basáltica da Bacia do Paraná são conhecidas outras regiões cupríferas, além da região cuprífera da porção NNW do Rio Gran

de do Sul e do extremo oeste catarinense, na qual está inserida a área do presente projeto. Todas essas regiões fazem parte da "anomalia centro-oeste paranaense", estabelecida por Rüegg (1975) em conformidade com os dados químicos das rochas basálticas da Bacia do Paraná, e no interior da qual estão registrados os teores mais altos de cobre (fig. 34) e de ferro total (fig. 35). A área possivelmente mais interessante para a prospecção de cobre situa-se no "alto" de cobre delimitado pela curva de 200 ppm (fig. 34) dessa anomalia. Este "alto" de cobre e o registro das ocorrências cupríferas mais significativas da província basáltica da Bacia do Paraná concorrem para indicar a região oeste-sudoeste do Estado do Paraná como a mais favorável para a execução de futuros levantamentos, visando ao bloqueio de grandes reservas de minério cuprífero de baixo teor.

A prospecção de cobre das regiões cupríferas deve seguir a orientação sugerida no item anterior (7.2) para regiões cupríferas (1ª e 2ª fases), sendo que as áreas de estudo não deverão ter mais de 1.000 km² de superfície.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A.N. - "O relevo brasileiro e seus problemas". In: AZEVEDO, A. de - *Brasil. A terra e o homem*. São Paulo, Nacional, 1964. v. 1, cap. 3. p. 136-217. il.

ALMEIDA, F.F.M. de - O planalto basáltico da Bacia do Paraná. In: *Bol. Paulista Geográfico*. São Paulo, 1956. n. 24, p. 3-34.

AMARAL, G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K. & REYNOLDS, J.H. - Potassium - argon dates of basaltic rocks from southern Brazil. In: *Geochimica et Cosmochimica Acta*. Northern Ireland, Pergamon Press Ltd, 1966. v. 30, p. 159-189.

BARBOSA, O. - *Observações e comparações sobre algumas ocorrências vulcânicas no Peru, no México e no Brasil*. Rio de Janeiro, DNPM, 1957. Bol. n. 167, p. 28-40.

BASTIN, E.S. - The chalcocite and native copper types of ore deposits. In: *Economic Geology*. 1933, v. 28, n. 5, p. 407-444. X

BASTIN, E.S. - Interpretation of ore textures. In: *The Geological Society of America*. U.S. Geological Survey, 1960. Memoir 45. p. 27-64. X

BATEMAN, A.M. - The ore deposits of Kennecott, Alaska. In: *Ore deposits as related to structural features*, Newhouse. W.H. Editor, Princeton, Princeton Univ. Press, 1942. p. 188-193.

BECKEL, J; GONZALES FILHO, F.; MACEDO, P.M. de; SANTOS, E.L. dos & CHABAN, N. - Ocorrência de cobre nativo em fanglomerado eo-paleozóico no município de Caçapava do Sul-RS. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 30. Recife, Soc. Bras. Geol., 1978. *Anais*, v. 4, p. 1406-1414.

BIONDI, J.C. - A origem dos *pipes* e diques de brecha - modelo de implosão - fluidização. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 30. Recife, Soc. Bras. Geol., 1978. *An.*, v. 3, p. 1202-1212.

BOSSI, J. - *Basaltos da Formação Serra Geral*. Texto de aula. Porto Alegre, 5 nov. 1975. 6 p. il.

BOSSI, J. & CAGGIANO, W. - Contribución a la geología de los yacimientos de amatista del departamento de Artigas (Uruguay). In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 28. Porto Alegre, Soc. Bras. Geol., 1974. *An.*, v. 5, p. 301-318.

BOSSI, J.; LEDESMA, J.J.; CARBALLO, E.F.; NAVARRO, R. - Resumen de los conocimientos actuales sobre los derrames basálticos del noroeste del Uruguay. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 28. Porto Alegre, Soc. Bras. Geol., 1974. *An.*, v. 4, p. 51-60.

BOYER, R.E. & McQUEEN, J.E. - Comparison of mapped rock fractures and airphoto linear features. In: *Photogrammetric Engineering*, 1964. v. 30. p. 630-635.

BRODERICK, T.M. - The origin of Michigan copper deposits. In: *Economic Geology*. 1952. v. 47, n. 2, p. 215-219. ✕

CARMICHAEL, I.S.E. - The petrology of Thingmuli, a Tertiary volcano in eastern Iceland. In: *J. Petrol.* 1964. n. 5, p. 435-460.

CHABAN, N.; SANTOS, E.L. dos; MACEDO, P.M.; GONZALES FILHO, F. & BECKEL, J. - Ocorrência de cobre sedimentar no Cerro dos Martins, Caçapava do Sul-R.S. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 30. Recife, Soc. Bras. Geol., 1978. *Anais*, v. 4, p. 1445-1456. il.

- CHADWICK, R.A. - Mechanisms of pegmatite emplacement. *In: Bulletin of the Geological Society of America.* 1958. v. 69, p. 803-836. il.
- CHAYES, F. - Alkaline and subalkaline basalts. *In: Am. J. Sci.*, 1966, v. 264, p. 128-145.
- CORNWALL, H.R. - Differentiation in lavas of the Keweenawan series and the origin of the copper deposits of Michigan. *In: Bulletin of the Geological Society of America.* 1951. v. 62, p. 159-202. il.
- CORNWALL, H.R. - A summary of ideas on the origin of native copper deposits. *In: Economic Geology.* 1956. v. 51, n. 7, p. 615-631. X
- EDWARDS, A.B. - The textures of the native metals. *In: Textures of the ore minerals and their significance.* Australasian Institute of Mining and Metallurgy (Inc.), 1947. p. 1-6. X
- EDWARDS, L.S. - A modified pseudosection for resistivity and IP. *In: Geophysics.* Tulsa, Oklahoma, Society Exploration of Geophysics. 1977. v. 42, n. 5. p. 1020-1036.
- FARJALLAT, J.E.S. & SUGUIO, K. - *Observações sobre a zeolitização em basalto e arenito, Nioaque, Mato Grosso.* São Paulo, Soc. Bras. Geol., 1966. B. v. 15, n. 3, p. 51-58.
- FISHER, R.V. - Definition of volcanic breccia. *In: Bulletin of the Geological Society of America.* 1958. v. 69, p. 1071-1073.
- FISHER, R.V. - Classification of volcanic breccias. *In: Bulletin of the Geological Society of America.* 1960. v. 71, p. 973-982.

FRANKEL, J.J. - Forms and structures of intrusive basaltic rocks. *In: Basalts-The Poldervaart Treatise on Rocks of Basaltic Composition*. New York, H.H. Hess and Arie Poldervaart, 1967. v. 1, p. 63-102.

GARRELS, R.M. & CHRIST, C.L. - Partial pressure diagrams. *In: Solutions, minerals and equilibria*. Harper & Row, N.Y., 1965. p. 154-157, e 239-240.

GOMES, A.M.B. - Aspectos da evolução geomorfológica da escarpa oriental do planalto meridional durante o Quaternário (Tese, Livre-Docência, Inst. Geoc. U.F.R.G.S), Porto Alegre, 1976. 135 p., il.

GREHS, S.A. & VERGARA, V. - A ocorrência de arenitos intertrâpicos e rochas mistas na área de vulcanismo basáltico do Rio Grande do Sul - Ambiente de deposição, significado geotécnico e agro-geológico. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 22. Belo Horizonte, Soc. Bras. Geol., 1968. An., p. 259-261.

GUIDICINI, G. - Notas dos "derrames secundários" em basaltos. São Paulo, Soc. Bras. Geol., 1970. B., v. 19, n. 1, p. 92-93.

GUIDICINI, G. & CAMPOS, J.O. - Notas sobre a morfogênese dos derrames basálticos. São Paulo, Soc. Bras. Geol., 1968. B., v. 17, n. 1, p. 16-28.

HAMILTON, S.K. - Copper mineralization in the upper part of the copper harbor conglomerate at white pine, Michigan. *In: Economic Geology*. 1967. v. 62, n. 7, p. 885-903. X

HOLDEN, G. S. & HOOPER, P. R. - Petrology and chemistry of a Columbia River basalt section, Rocky Canyon, west-central Idaho. *In: Geological Society of America Bulletin*. 1976. v. 87, p. 215-225. il.

HYNDMAN, D.W. - *Petrology of igneous and metamorphic rocks*.
New York and London, Mcgraw-Hill Boock Company, 1972. p.
95-232.

ISSLER, R.S. - *O problema dos toleitos, séries toleíticas e a série toleítica da Bacia do Paraná*. Porto Alegre, Escola de Geologia UFRGS, 1970. B. n. 18, p. 1-26.

KUNO, H. - Differentiation of basalt magmas. *In: Basalts - The Poldervaart Treatise on Rocks of Basaltic Composition*. New York, H.H. Hess and Arie Poldervaart, 1967. v. 2, p. 623-654.

LATTMAN, L.H. & MATZIKE, R.H. - Geological significance of fracture trace in photogrammetric engineering. Virginia. *In: The American Society of Photogrammetry*, 1961, v. 27, n. 3, p. 435-438.

LEINZ, V. - Ocorrências do cobre nativo. *In: Mineração e Metalurgia*. Rio de Janeiro, 1941. v. 6, n. 31, p. 45.

LEINZ, V. - Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil. *In: Bol. Fac. Fil. Ciências e Letras. USP. São Paulo*, 1949. n. 58, p. 1-55.

LEINZ, V.; BARTORELLI, A.; SADOWSKI, G.R. & ISOTTA, C.A.L. - *Sobre o comportamento espacial do trapp basáltico da Bacia do Paraná*. São Paulo, Soc. Bras. Geol., 1966. B., v. 15, n. 4, p. 79-91.

LEMOS, R.C. et alii - *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul*. Recife, 1973. Ministério da Agricultura, Divisão de Pesquisa Pedalógica. Boletim Técnico. n. 30, 431 p. il.

LEONARDOS, O.H. - Cobre nativo dos diabásios do oeste do Paraná. *In: Mineração e Metalurgia*. Rio de Janeiro, 1948. v. 12, n. 72, p. 265-266. X

LINDGREN, W. - Deposits of native copper. *In: Mineral deposits*. 4. ed. New York and London, Mcgraw-Hill Book Company, 1933. Chapter XXV. p. 514-528.

MACDONALD, G.A. - Pahoehoe, AA, and slock lava. *In: American Journal of Science*. 1953. v. 251, p. 169-191. il.

MACDONALD, G.A. - Forms and structures of extrusive basaltic rocks. *In: Basalts - The Poldervaart Treatise on Rocks of Basaltic Composition*. New York, H.H. Hess and Arie Poldervaart, 1967. v. 1, p. 1-61.

MACDONALD, G.A. & KATSURA, J. - Chemical composition of Hawaiian lavas. *In: Journal of Petrology*. 1964. n. 5, p. 82-133.

MATSUI, E.; SALATI, E. & MARINI, O.J. - D/H and $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ratios in waters contained in geodes from the basaltic province of Rio Grande do Sul, Brazil. *In: Geological Society of America Bulletin*. 1974. v. 85, p. 577-580. il.

MELFI, A.J. - Potassium - argon ages for core samples of basaltic rocks from southern Brazil. *In: Geochimica et Cosmochimica Acta*. Northern Ireland, Pergamon Press Ltd, 1967. v. 31, p. 1079-1089.

MIDDLEMOST, E.A.K. - The basalt clan. *In: Earth-Science Reviews*. Amsterdam. Elsevier Scientific. 1975. v. 11, p. 337-364. il.

MIYASHIRO, A. - *Metamorphism and metamorphic belts*. London, George Allen & Unwin Ltd., 1973. 492 p.

MIYASHIRO, A. - Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *In: Am. J. Sci*, 1974. v. 274, p. 321-355.

- MOURÃO, B. M. - Pelóide e água polimineral sulfurosa de Peruíbe. *In: Revista Brasileira de Medicina*. Rio de Janeiro. 1973. v. 30, n. 3. 5 p.
- MURATA, K.J. - A new method of plotting chemical analyses of basaltic rocks. *In: American Journal of Science*. 1960, v. 247.
- NICHOLS, R.L. - Flow-Units in basalt. *In: Jour. Geol.* 1936, v. 44, p. 617-630.
- PARK JUNIOR, C.F. & MACDIARMID, R.A. - *Ore deposits*. San Francisco, W.H. Freeman and Company, 1970. p. 112-144.
- PATTERSON, E.M. & SWAINE, D.J. - A petrochemical study of Tertiary tholeiitic basalts: The middle lavas of the anttrim plateau. *In: Geochimica et Cosmochimica Acta*. London, Pergamon Press Ltd, 1955. v. 8, p. 173-181.
- PRINZ, M. - Geochemistry of basaltic rocks: Trace Elements. *In: Basalts - The Poldervaart Treatise on Rocks of Basaltic Composition*. New York, H.H. Hess and Arie Poldervaart, 1967. v. 1, p. 271-301.
- REBOUÇAS, A. da C. - Potencialidades hidrogeológicas dos basaltos da bacia sedimentar do Paraná, no Brasil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30*. Recife, Soc. Bras. Geol., 1978. *Resumo das Comunicações*. p. 363-364.
- RHEINHEIMER, D. - *Cobre na região basáltica do Rio Grande do Sul*. Relatório Inédito. Porto Alegre, CPRM, 1975. p. 1-6.
- RIBEIRO FILHO, E. - Ocorrências de cobre nativo em Contendas do Sincorá, Bahia. *In: Mineração e Metalurgia*. Rio de Janeiro, 1974. n. 358, p. 34-35.

- RIBEIRO, M.J. - *Relatório de viagem - Cobre em basaltos na região de Itapiranga*. Relatório Inédito. Porto Alegre, DNPM, 1976. p. 7-14.
- RIBEIRO, M.J. & MOSSMANN, R. - *Relatório de viagem - Cobre em basaltos*. Relatório Inédito. Porto Alegre, DNPM, 1976.
- ROBERTSON, J.M. - Geology and Mineralogy of Some Copper Sulfide Deposits Near Mount Bohemia, Keweenaw County, Michigan. In: *Economic Geology*. 1975. v. 70, p. 1202-1224.
- RÜEGG, N.R. - *Aspectos geoquímicos, mineralógicos e petrográficos de rochas basálticas da Bacia do Paraná*. (Tese de Doutorado, Fac. Fil. Ciênc. Letras, USP), São Paulo, 1969. 172 p.
- RÜEGG, N.R. - A composição química das rochas basálticas da Bacia do Paraná (América do Sul) e outras províncias basálticas gonduânicas equivalentes. In: *Memórias e Notícias*. Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra e do Centro de Estudos Geológicos. Portugal. 1970. n. 70, p. 26-85.
- RÜEGG, N.R. - *Modelos de variação química na província basáltica do Brasil meridional*. (Tese de Livre Docência, Inst. Geoc., USP), São Paulo, 1975. 215 p. il.
- RYAN, M.P. & SAMMIS, C.G. - Cyclic fracture mechanisms in cooling basalt. In: *Bulletin of the Geological Society of America*. 1978. v. 89, n. 80903, p. 1295-1308. il.
- SARTORI, P.L. & MACIEL FILHO, C. - Petrografia da seqüência vulcânica da Formação Serra Geral no rebordo ocidental do planalto meridional, R.S. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 29. Belo Horizonte, Soc. Bras. Geol., 1976. *Anais*.

- SCHNEIDER, A.W. - *Contribuição à petrologia dos derrames basálticos da Bacia do Paraná*. Porto Alegre, Escola de Engenharia, UFRGS, 1964. Avulso, n. 1, 76 p.
- SCHNEIDER, A.W. - Vulcanismo basáltico da Bacia do Paraná: Perfil Foz do Iguaçu - Serra da Esperança. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 24. Brasília, Soc. Bras. Geol., 1970. *Anais*, p. 211-217.
- SCHNEIDER, A.W. & ROCHA, F.X.P. da - *Emprego em basaltos em pavimentação rodoviária*. CNPq, Inst. Pesq. Rodov., 1968. publ. 433, 43 p.
- SETZER, J. - Significação hidrológica das fraturas fotogeológicas. In: *O I.G.G.* Inst. Geográfico e Geológico, Secr. Agric. Est. de São Paulo, 1966, v. 18, n. 1, p. 59-76.
- SMIRNOV, V.I. - *Geology of mineral deposits*. Moscow, Mir Publishers, 1970. p. 386-345.
- SOARES, P.C. & FIORI, A.P. - Lógica e Sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. In: *Notícia Geomorfológica*. Dep. Geogr., Inst. de Ciênc. Humanas, Pont. Univ. Católica Campinas, 1976. v. 16, n. 32, p. 71-104.
- STOIBER, R.E. & DAVIDSON, E.S. - Amydale mineral zoning in the portage lake lava series, Michigan Copper District. Part I, p. 1250-1277; Part II, p. 1444-1460. In: *Economic Geology*. 1959. v. 54, n. 8. X
- STRECKEISEN, A - To each plutonic rock its proper name. In: *Earth - Sciences Reviews*. 1976. Amsterdam, n. 12, p. 1-33.
- SUKHESWALA, R.N. & POLDERVAART, A. - Deccan basalts of the Bombay area, India. In: *Bulletin of the Geological So-*

ciety of America. 1958. v. 69, p. 1475-1494. il.

SUMNER, J.S. - EM coupling for small inductive effects using the dipole-dipole array. *In: Principles of induced polarization for geophysical exploration*. New York, 1976. Elsevier. p. 154-157. il.

SUSZCZYNSKI, E.F. - Os recursos minerais reais e potenciais do Brasil e sua metalogenia. Rio de Janeiro, Interciência, 1975. 536 p.

SZUBERT, E.C.; KIRCHNER, C.A.; SHINTAKU, I. - Vulcanismo ácido no planalto meridional no Rio Grande do Sul. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30*. Recife; Soc. Bras. Geol., 1978. *Anais*, v. 3, p. 1350-1356. il.

SZUBERT, E.C.; ORLANDI FILHO, V.; SHINTAKU, I. - Geologia dos jazimentos de ametista do Alto Uruguai, RS. Guias de prospecção. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30*. Recife, Soc. Bras. Geol., 1978. *Anais*, p. 1833-1892. il.

TÁVORA, F.J. - *Relatório de viagem ao Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. Relatório Inédito. Brasília, DNPM, 1976. 17 p.

TÁVORA, F.J. - *Mecanismos de formação de depósitos de cobre nativo e minerais associados em basaltos à baixa temperatura - Uma hipótese*. Inédito. Brasília, DGM/DNPM, 1979. 7 p. X

TREUIL, M. & VARET, J. - Critères volcanologiques, pétrologiques et géochimiques de la genèse et de la différenciation des magmas basaltiques: exemple de L'Afar. *In: B.S.G.F.* 1973. v. 7, n. 5-6, p. 506-540.

VEIGA, P. - *Estudo dos arenitos "intertrapps" da Formação Serra Geral na região de Santa Maria - R.S.* (Tese de Mes-

- trado, Inst. Geoc. UFRGS), Porto Alegre, 1973. 83 p. il.
- WALKER, F. - The pegmatitic differentiates of basic sheets. *In: American Journal of Science*. New Haven, Chester R. Longwell-John Rodgers, 1953. v. 251, p. 41-60.
- WALKER, G.P.L. - Compound and simple lava flows and flood basalts. *In: Bul. Volcanologique*. London, Imperial College, 1972. v. 35(3), p. 579-590.
- WERNICK, E. & LANDIM, P.M.B. - *Nota sobre um diabásio amigdaloidal em Rio Claro (SP)*. São Paulo, Soc. Bras. Geol., 1966. B. v. 15, n. 2, p. 61-66.
- WHITE, W.S. - The native copper deposits of Northern Michigan. *In: Ore deposits of the United States*. 1967. p. 304-325. il.
- WILLIG, C.D. et alii - *Carta geológica do Brasil ao milionésimo. Folha Porto Alegre (SH-22) e folha Lagoa Mirim (SI-22)*. Brasília, DNPM, 1974. 2 mapas.
- WRIGHT, A.E. & BOWES, D.R. - Classification of volcanic breccias: a discussion. *In: Bulletin of the Geological Society of America*. 1963. v. 74, p. 79-86.

Valores de Cobre em Amostras de Rocha

TABELA - XIX / 1

VALORES DE COBRE DE BASALTOS TOLEÍTICOS OBTIDOS POR ABSORÇÃO ATÔMICA, ESPECTROGRAFIA DE EMISSÃO SEMIQUANTITATIVA E ANÁLISE QUÍMICA (%).

N ^o AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	POSIÇÃO NO DERRAME	PETROGRAFIA SIMPLIFICADA	OBSERVAÇÕES	VALORES DE COBRE		
					p.p.m.		(%)
					A.A	E.E	
CK-01	Itapiranga (Poço da Safrita) Derrame nº 2	Zona intermediária	Textura amigdalóide e hipocristalina. A porção cristalina tem textura hipidiomórfica. A laboradorita An ₅₈ é o mineral dominante. A augita forma cristais incolores anédricos. A celadonita tem cor verde.	Sem indícios de Cu. A rocha tem cor cinza esverdeada, granulação fina. Celadonita em amígdalas.	70	200	
CK-02 ES-2Q	Pedr. Pref. de Itapiranga Derrame nº 4	Zona vertical	Textura hipidiomórfica, ocorre também textura gráfica. A laboradorita An ₆₀ é a fase dominante. A pigeonita forma cristais anédricos. Os opacos são anédricos. Ocorrem ainda clorita, hematita e apatita.	Cobre nativo nas fraturas e disseminado. Rocha cinza escura, granulação fina, estrutura maciça.	220	200	0,3
CK-03	Itapiranga (Pedr. abandonada) Derrame nº 5	Zona vertical	Textura hipidiomórfica. A laboradorita (An ₆₂) é o mineral dominante, sob a forma de ripas. As augitas são anédricas. O quartzo é raro. Ocorrem ainda apatita e óxidos de ferro.	Labradorita com forte zanação normal ≈ ES-45. Sem indícios de Cu. Amígdalas preenchida por celadonita.	230	700	
CK-04 ES-6Q	SC-472 (Popi) Derrame nº 8	Base zona amigdalóide	Textura hipidiomórfica. Predomina na rocha a laboradorita An ₅₈ . A augita é o piroxênio presente. Os opacos são abundantes.	Rocha cinza escura, granulação fina, e pontuações (amígdalas) esverdeadas, estrutura maciça.	220	500	0,1
CK-05 ES-7Q	Sede Capela Derrame nº 2	Zona amigdalóide	Estrutura amigdalóide é evidente. Textura alitriomórficas a hipidiomórficas granular. Os cristais de plagioclásio são subédricos e os piroxênios anédricos, A laboradorita An ₅₃ é a fase dominante. Os opacos são anédricos.	Sem indícios de Cu. Rocha cinza amarronada. Granulação média a fina. A rocha não tem orientação preferencial.	50	150	0,1
CK-06	Linha Morais Derrame nº 6	Topo da Zona amigdalóide	Estrutura amigdalóide. Basalto cinza médio, granulação fina. Celadonita em finos grãos e em fraturas.	Sem indícios de cobre.	35	200	
CK-07 ES-8Q	Barra do Guarita Derrame nº 5	Zona amigdalóide	Estrutura amigdalóide. Textura hipocristalina. A laboradorita An ₅₄ é abundante. A augita tem forma anédrica. Os minerais opacos são anédricos.	Com indícios de cobre em vesículas. Quartzo, zeolitas, carbonato e rara celadonita como ganga.	+1000	10.000	0,9
CK-08	Dourado Derrame nº 1	Zona de disjunção horizontal de base	Estrutura é isotropa. Textura hipocristalina. A laboradorita An ₅₈ é a fase predominante. A augita tem forma anédrica. Os minerais opacos são anédricos. A celadonita tem cor verde.	Sem indícios de Cu. Rocha cinza escura. Granulação fina. Amígdalas com celadonita.	130	300	
CK-09	Dourado Derrame nº 2	Zona de disjunção horizontal de base	Textura amigdalóide e granular hipidiomórfica. O plagioclásio é a laboradorita. O piroxênio é a augita. O quartzo ocorre em raros cristais xenomórficos e intersticiais. O vidro é levemente cristalizado.	Sem indícios de Cu. A rocha é cinza escura, granulação fina, maciça.	190	500	
CK-10	Derrubadas Derrame nº 5	Zona amigdalóide	Textura amigdalóide. Amígdalas com quartzo, celadonita e oxidados de cobre. Basalto com brecha vulcânica mista no topo.	Alguns vacúolos contendo crisocola, cuprita e raro nativo.	900	2.000	
CK-11 ES-12Q	Vista Alegre Derrame nº 11	Zona amigdalóide	Textura amigdalóide, hipocristalina, porfirítica. O piroxênio é a augita. Os minerais opacos são xenomórficos. As amígdalas com quartzo, celadonita e zeolitas.	Apresenta indícios de Cu. As amígdalas possuem formas esféricas.	-	15.000	0,8

TABELA - XIX/2

Nº AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	POSIÇÃO NO DERRAME	PETROGRAFIA SIMPLIFICADA	OBSERVAÇÕES	VALORES DE COBRE		
					p.p.m.		(%)
					A.A	E.E	
CK-12	Itapiranga (SC-472) Derrame nº 6	Zona vertical	Basalto típico, cinza acastanhado, granulação fina, fraturado. Celadonita em finos grãos e em fraturas.	Apresenta indícios de Cu, crisocola e cuprita em fraturas.	-	10.000	-
CK-13	São Judas Tadeu Derrame nº 9	Zona amigdalóide	Textura amigdalóide, hipocristalina, porfirítica. Os minerais opacos são xenomórficos. As amígdalas são preenchidas por celadonita, zeolitas e quartzo.	Cobre nativo cuprita e rara crisocola em vesículas esféricas até 1 cm de diâmetro.	-	10.000	-
CK-14	Pedr. Pref. Itapiranga Derrame nº 4	Zona vertical	Textura hipidiomórfica e textura gráfica. A labradorita An ₆₀ é a fase dominante. Os opacos são anédricos. Ocorrem ainda clorita, hematita e apatita.	O cobre nativo ocorre nas fraturas e disseminado finamente no seio da rocha.	500	300	-
CK-15 ES-13Q	Pedr. Pref. Itapiranga Derrame nº 4	Zona vertical	Textura é intergranular. Os minerais opacos são poiquilíticos. O plagioclásio An ₆₀ é subédrico, o piroxênio é anédrico. A augita é o piroxênio dominante. Ocorrem intercrescimento micrográfico de quartzo e feldspato alcalino.	Idem anterior.	2.000	5.000	0,04
CK-16	Pedr. Pref. Itapiranga Derrame nº 4	Zona vertical	Textura intergranular. A mineralogia é dominada por plagioclásio An ₆₀ e piroxênio, ocorrendo minerais opacos como acessórios e ainda quartzo e feldspato alcalino, apatita, clorita e celadonita.	Sem indícios evidentes de cobre nativo. Basalto cinza escuro, granulação fina.	260	1.000	-
CK-17	Pedr. Pref. Itapiranga Derrame nº 4	Zona vertical	Textura intergranular. Os microfenocristais são os de plagioclásio e raramente de clinopiroxênio. Os minerais opacos são anédricos e poiquilíticos.	Idem anterior.	80	200	-
CK-18	Pedr. Pref. Itapiranga Derrame nº 4	Zona vertical	Textura intergranular e porfirítica, com microfenocristais de plagioclásio e de clinopiroxênio. O plagioclásio An ₅₈ é subédrico, o clinopiroxênio é anédrico.	Idem anterior.	160	200	-
CK-19 ES-14Q	Pedr. Pref. Itapiranga Derrame nº 4	Zona vertical	Textura intergranular e porfirítica. O plagioclásio An ₅₈ é subédrico, o clinopiroxênio é anédrico. Os minerais opacos são anédricos a subédricos.	Indícios de cobre nativo em fraturas e disseminado. Textura afanítica, maciça.	550	500	0,06
CK-20	Aparecida Derrame nº 4	Zona vertical	Textura intergranular a levemente subofítica. Os minerais opacos são levemente poiquilíticos. Os minerais dominantes são o plagioclásio An ₅₈ e o clinopiroxênio.	Fracos indícios de cobre nativo disseminados na rocha.	250	500	-
CK-21 ES-15Q ES-16Q	Pedr. Pref. Itapiranga Derrame nº 4	Zona vertical	Textura intergranular. Os minerais opacos são poiquilíticos. A labradorita An ₆₀ é a fase dominante juntamente com pigeonita. Ocorrem ainda quartzo, micropegmatito, clorita, hematita e apatita.	Indícios de cobre nativo finamente disseminados na rocha.	1.400	5.000	0,26 0,45
CK-22 ES-17Q ES-21Q	Pedr. Pref. Itapiranga Derrame nº 4	Zona vertical	Textura intergranular. Os microfenocristais são de plagioclásio e raramente de clinopiroxênio. Os minerais opacos são poiquilíticos.	Idem anterior.	2.900	7.000	0,06 0,072

TABELA - XIX / 3

Nº AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	POSIÇÃO NO DERRAME	PETROGRAFIA SIMPLIFICADA	OBSERVAÇÕES	VALORES DE COBRE		
					p.p.m		%
					A.A	E.E	
CK-23	Dourado Derrame nº 2	Zona vertical	Apresenta vários aspectos texturais; hipocristalina, microporfirítica, subofítica. A mineralogia dominante são os plagioclásios An ₆₆ e augita. Ocorrem ainda, opacos, quartzo e feldspato alcalino micrográficos.	Sem Indícios de Cu. Rocha cinza escura, afanítica, estrutura maciça.	330	1.000	
CK-24	Arroio Sociedade Derrame nº 2	Zona vertical	Textura é subofítica tendendo a intergranular. O plagioclásio An ₆₁ é subédrico, o clinopiroxênio é anédrico, os minerais opacos são anédricos. Ocorre ainda quartzo e feldspato alcalino, vidro e celadonita.	Sem indícios de Cu. Rocha cinza, granulação fina, afanítica, estrutura maciça.	250	500	
CK-25	Arroio Sociedade Derrame nº 2	Base do Derrame	Textura intergranular. Raros microfenocristais de plagioclásio e clinopiroxênio. Os minerais opacos são poiquilíticos. Os minerais dominante são o plagioclásio An ₅₈ e o clinopiroxênio. Acessórios vidro, quartzo e feldspato alcalino.	Idem anterior.	250	1.000	
CK-26 ES-18Q	Aparecida Derrame nº 4	Zona vertical	Textura intergranular. Os opacos são levemente poiquilíticos. Os intercrescimentos micrográficos são marcantes na matriz, com relativa abundância de malaquita. Os minerais dominantes são o plagioclásio An ₆₀ e o clinopiroxênio.	Sem indícios evidentes de cobre.	560	2.000	0,08
CK-27 ES-19Q	Flor da Serra Derrame nº 4	Base da zona amigdalóide	Textura subofítica a intersertal. A mineralogia dominante é constituída de clinopiroxênio e plagioclásio An ₅₈ , ocorrendo minerais opacos como acessórios, e ainda vidro, clorita e zeolita.	Sem indícios de cobre. Basalto cinza castanho. Raras amígdalas. Com indícios de cobre.	95	200	26,00
CK-28	Flor da Serra Derrame nº 4	Zona vertical	Textura é subofítica a intergranular e porfirítica, com microfenocristais de plagioclásio e clinopiroxênio. Os minerais opacos são poiquilíticos. A mineralogia é dominada por plagioclásio An ₆₃ e clinopiroxênio.	Sem indícios de cobre. Basalto cinza escuro, grão fino.	160	500	
CK-29	Flor da Serra Derrame nº 6	Zona de disjunção horizontal de topo	Textura intergranular levemente subofítica. Raros microfenocristais de plagioclásio. Os minerais opacos ocorrem como acessórios em pequena quantidade, como quartzo e feldspato alcalino e ainda vidro cloritizado(?) e zeolitas.	Sem indícios de cobre. Basalto cinza médio, grão fino.	120	500	
CK-30	S. Judas Tadeu Derrame nº 2	Parte superficial	Textura glomeroporfirítica, com fenocristais de plagioclásio e clinopiroxênio apresentando textura plutônica, e matriz constituída por plagioclásio, quartzo e feldspato alcalino. Os minerais opacos são levemente poiquilíticos.	Sheet básico diferenciado(?). Granulação grosseira. Sem indícios de Cu.	130	500	
CK-31	S. Judas Tadeu Derrame nº 4	Zona amigdalóide	Vários aspectos texturais: hipocristalina, microporfirítica com fenocristais de plagioclásio e clinopiroxênio, e os minerais opacos poiquilíticos. A textura geral é subofítica. A mineralogia é dominada por plagioclásio An ₆₀ e clinopiroxênio.	Sem indícios de Cu. Basalto cinza escuro. Textura afanítica.	260	700	
CK-32	Aparecida Derrame nº 2	Zona vertical	Textura intergranular. Raros fenocristais. Os minerais dominantes são plagioclásio An ₅₇ e clinopiroxênio, os minerais opacos são acessórios, mais quartzo, feldspato alcalino e ainda malaquita em teor baixo.	Com indícios de Cu. Rocha cinza escura, gran. fina, textura afanítica.	130	700	

TABELA - XIX / 4

Nº AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	POSIÇÃO NO DERRAME	PETROGRAFIA SIMPLIFICADA	OBSERVAÇÕES	VALORES DE COBRE		
					p.p.m.		%
					A.A	E.E	
CK-33	S. Lourenço Derrame nº 7	Zona vertical	Textura intergranular, sem microfenocristais, os minerais opacos não são poiquilíticos. Os minerais essenciais são plagioclásio An_{64} e clinopiroxênio, os minerais opacos são acessórios e ocorre quartzo e feldspato alcalino e clorita em pequena quantidade.	Sem indícios de cobre. Basalto castanho, fino, maciço.	100	200	
CK-34	Barra do Guarita Derrame nº 4	Zona vertical	Vários aspectos texturais: hipocristalina devido a ocorrência de vidro, microporfirítica com fenocristais de plagioclásio e clinopiroxênio, e minerais opacos são poiquilíticos. A textura geral é subofítica. A mineralogia é dominada por plagioclásio (An_{60}) e clinopiroxênio.	Sem indícios de Cu. Basalto cinza escuro, textura afanítica, estrutura maciça sem orientação preferencial.	45	200	
CK-35	São Miguel Derrame nº 2	Zona de disjunção horizontal de topo	Textura hialofítica devido a elevada quantidade de material ferruginoso. Raros microfenocristais de clinopiroxênio e de plagioclásio. O clinopiroxênio e plagioclásio ocorre em quantidades iguais (38%).	Sem indícios de Cu. Basalto cinza escuro, grão fino.	230	500	
CK-36	Flor da Serra Derrame nº 7	Zona de disjunção horizontal de base	Não tem descrição petrográfica. Amostra coletada na base do derrame, bastante alterada. A granulação é fina.	Sem indícios. É o último derrame da área de Flor da Serra.	160	500	
CK-37	Itapiranga (SC-472) Derrame nº 6	Zona vertical	Basalto cinza médio, grão fino, celadonita em fraturas e em finos grãos. Mesmo ponto amostra CK-12.	Indícios de crisocola e malaquita em fraturas.	4.900	7.000	
CK-38	Volta Grande Derrame nº 2	Zona intermediária	Textura hipocristalina devido ao vidro, microporfirítica, devido a microfenocristais de plagioclásio e clinopiroxênio, os minerais opacos são poiquilíticos. A textura geral da rocha é subofítica.	Sem indícios de Cu. Derrame com depósitos de ametista.	220	300	
CK-39	Mondai Derrame nº 4	Zona intermediária	Basalto cinza claro, afanítico, alteração amarelada nos bordos. Maciço em amostra de mão.	Sem indícios de cobre. Derrame com celadonita em amígdalas.	150	300	
CK-40	Linha Morais Derrame nº 6	Zona de disjunção horizontal de topo	Textura hialofítica devido ao material ferruginoso, microfenocristais de plagioclásio e piroxênio. Minerais opacos, material ferruginoso, hematita e cloritas.	Sem indícios de Cu. Abundantes microvesículas.	90	200	
CK-41	Linha Morais Derrame nº 6	Zona vertical	Plagioclásios (50%), clinopiroxênios (44%), opacos (5%). Traços de quartzo, feldspato alcalinos e cloritas. Textura intergranular.	Sem indícios de cobre. Mesmo derrame das CK-40 e 42.	130	300	
CK-42	Linha Morais Derrame nº 6	Base do Derrame	Textura intergranular e microporfirítica, com fenocristais de plagioclásio e clinopiroxênio. Os minerais opacos são poiquilíticos. A mineralogia dominante é de plagioclásio An_{52} e clinopiroxênio. Traços de cloritas, quartzo e feldspato alcalino.	Sem indícios de cobre. Derrame com cobre zona amigdalóide.	140	500	
CK-43	Linha Morais Derrame nº 5	Topo da zona vertical	Basaltocinza escuro, granulação fina, parcialmente alterado e com raras vesículas.	Não apresenta indícios de cobre.	190	300	

TABELA - XIX/5

Nº AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	POSIÇÃO NO DERRAME	PETROGRAFIA SIMPLIFICADA	OBSERVAÇÕES	VALORES DE COBRE		
					P.P.M.		%
					A.A	E.E	
CK-44	Linha Morais Derrame nº 8	Base da zona horizontal	Basalto preto, cinza escuro, afanítico a grão fino. Derrame basáltico típico.	Esporádicas disseminações de cobre nativo.	130	300	
CK-45	Vista Alegre Derrame nº 11	Zona intermediária p/ base	Textura intergranular a ofítica. Microfenocristais de plagioclásio e minerais opacos. A mineralogia é dominada por clinopiroxênio, plagioclásio An ₆₄ , minerais opacos como acessório, mais quartzo e feldspato alcalino.	Sem indícios de Cu. Rocha cinza, gran. fina, textura afanítica.	55	500	
CK-46	Vista Alegre Derrame nº 10	Zona Intermediária	Textura intergranular. Ocorrem microfenocristais de plagioclásio e minerais opacos. A mineralogia é dominada por clinopiroxênio e plagioclásio An ₆₁ ; minerais opacos são acessórios.	Sem indícios de Cu. Amostra cinza, gran. fina, textura afanítica, estrutura maciça.	50	300	
CK-47 ES-200	Vista Alegre Derrame nº 11	Base da zona amigdalóide	Textura intergranular. A mineralogia dominante é de plagioclásio An ₆₁ e clinopiroxênio; minerais opacos, quartzo, feldspato alcalino, apatita, clorita(?), e malaquita são acessórios.	Cobre nativo, cuprita e crisocola parcialmente preenchendo amígdalas.	4.000	7.000	0,32
CK-48	Vista Alegre Derrame nº 9	Zona amigdalóide	Textura hialofítica. A mineralogia é dominada por clinopiroxênio e plagioclásio An ₅₈ . Minerais opacos, material alterado, zeolitas, hematitas, clorita, e malaquita como acessórios.	Oxidados de cobre em amígdalas de até 2 cm. de diâmetro.	1.900	3.000	
CK-49	Vista Alegre Derrame nº 9	Zona Intermediária	Textura subofítica, intercrescimentos micrográficos. Os minerais dominantes são o plagioclásio An ₆₁ e o clinopiroxênio; minerais opacos, quartzo, feldspato alcalino, vidro e malaquita como acessórios.	Sem indícios de Cu. Basalto pouco alterado.	95	200	
CK-50	Vista Alegre Derrame nº 10	Zona amigdalóide	Mineralogia semelhante a da amostra CK-46. A estrutura é amigdalóide. Amígdalas com carbonato, celadonita e oxidados de cobre.	Com fracos indícios de oxidados em amígdalas menores que 1 cm.	4.000	5.000	
CK-51	Vista Alegre Derrame nº 8	Zona Intermediária	Textura intergranular. Os minerais essenciais são o plagioclásio An ₅₂ e clinopiroxênio, os acessórios são os minerais opacos, e ainda feldspato alcalino e quartzo, clorita, zeolita, e vidro(?).	Sem indícios de Cu. Amostra cinza, gran. fina, estrutura maciça, textura afanítica.	140	500	
CK-52	(BR-386 - Km 424) Derrame nº 1	Zona amigdalóide	Textura hialofítica. As vesículas são preenchidas por celadonita. Os minerais dominantes da rocha são o plagioclásio An ₅₇ e o clinopiroxênio ocorrendo minerais opacos como acessórios e material de alteração e celadonita.	Sem indícios de Cu. Rocha cinza escura. A celadonita preenche vesículas e fraturas, o quartzo vesículas somente.	100	200	
CK-53	S. Judas Tadeu Derrame nº 3	Zona amigdalóide	Semelhante petrograficamente a CK-54 e CK-55.	Sem indícios de Cu. Amostra cinza. Textura afanítica, estrutura amigdalóide.	230	300	

TABELA - XIX / 6

Nº AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	POSIÇÃO NO DERRAME	PETROGRAFIA SIMPLIFICADA	OBSERVAÇÕES	VALORES DE COBRE		
					p.p.m.		%
					A.A	E.E	
CK-54	São Paulo Derrame nº 8	Zona amigdalóide	Textura intergranular. As amígdalas são preenchidas por sílica criptocristalina ou quartzo. A matriz é formada por augita e labradorita, e óxido de ferro. Os opacos são abundantes, e ainda minerais argilosos e o epidoto-zoisita.	Sem indícios de Cu. Amostra avermelhada, textura afanítica.	200	300	
CK-55	São Paulo Derrame nº 9	Zona amigdalóide	Textura intergranular, a estrutura amigdalóide é nítida. As amígdalas estão parcial a totalmente preenchidas por clorita e quartzo. A mineralogia dominante é o plagioclásio An ₅₇ e clinopiroxênio, os minerais opacos, vidro e clorita compõe a mineralogia restante.	Sem indícios de Cu. Amostra cinza. Textura afanítica, gran. fina, estrutura amigdalóide.	200	200	
CK-56	São Paulo Derrame nº 9	Zona intermediária	Textura subofítica. A augita e o plagioclásio são minerais, estando a rocha impregnada de óxido de ferro. Opacos e os minerais argilosos são os demais constituintes.	Sem indícios de Cu. Rocha de cor arroxeadada, bastante alterada, afanítica a grosseira.	130	300	
CK-58	Km-5, estrada estadual Iraí-Planalto	Zona intermediária de um sheet(?)	Textura microfanerítica, subofítica, classificada como dia basio. Mineralogia de basaltos com plagioclásio, augita, opacos, óxidos de ferro, cloritas e sílica criptocristalina.	Sheet básico(?) com diferenciação ácida e pegmatítica. Sem indícios de cobre.	27	50	
CK-59	Linha União Derrame nº 4	Zona intermediária	Textura intergranular. Seus constituintes mineralógicos são: labradorita, augita, clorita, sílica criptocristalina, minerais argilosos, opacos, óxido de ferro e apatita.	Sem indícios de Cu. Rocha de cor cinza escura, mesotipo a melanocrática, gran. grosseira.	260	300	
CK-60	Linha União Derrame nº 6	Zona intermediária	Textura intergranular. Mineralogia fundamental consiste de labradorita e augita, seguido de sílica criptocristalina, opacos, minerais argilosos, óxido de ferro e raro anfibólio uralítico e biotita.	Sem indício de cobre. Rocha pardacenta, alterada.	220	200	
CK-69	Dourado Derrame nº 2	Zona intermediária	Texturas e mineralogia semelhantes a CK-23.	Mesmo derrame da CK-23 (amostra com 1000 p.p.m., em E.E.). Sem indícios de Cu.	180	300	
CK-70	Dourado Derrame nº 2	Zona intermediária	Idem anterior.	Idem anterior.	85	200	
CK-71	Santa Fé Derrame nº 2	Zona intermediária	Idem anterior.	Mesmo derrame das CK-69 e CK-70. Sem alteração amarelada. Próximo do topo do derrame. Sem indício de cobre.	75	300	
CK-72	Itapiranga SC-472 Derrame nº 2	Zona de disjunção horizontal de topo	Textura subofítica a intergranular. A mineralogia essencial consiste de plagioclásio An ₅₇ e clinopiroxênio. Opacos e cloritas em menor quantidade.	Sem indícios de cobre. Pronunciadamente magnética.	140	200	
CK-73	Itapiranga SC-472 Derrame nº 4	Base da zona intermediária	Textura intergranular. A mineralogia é dominada por plagioclásio An ₅₅ e clinopiroxênio; opacos, quartzo e feldspato alcalino em quantidade muito pequena; e ainda celadonita e clorita(?).	Sem indícios de cobre. Mesmo derrame amostra CK-74.	70	70	

TABELA - XIX / 7

Nº AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	POSIÇÃO NO DERRAME	PETROGRAFIA SIMPLIFICADA	OBSERVAÇÕES	VALORES DE COBRE		
					p.p.m.		%
					A.A	E.E	
CK-74	Itapiranga SC-472 Derrame nº 4	Zona intermediária	Semelhante descrição anterior. Começam aparecer algumas amígdalas com celadonita, quartzo e zeolitas.	Coletada mais acima da CK-73, mesma zona. Abundante celadonita em fraturas. Sem indícios de cobre.	110	150	
CK-75	Itapiranga SC-472 Derrame nº 6	Base do Derrame	Texturas e mineralogia semelhante a CK-73, apenas as zonas são diferentes.	Coletada na base da CK-76. Sem indícios de cobre.	130	300	
CK-76	Itapiranga Derrame nº 6	Zona intermediária	Textura granular hipidiomórfica a subofítica. A mineralogia é dominada por plagioclásio An ₅₈ e clinopiroxênio; opacos e intercrescimentos de quartzo e feldspato alcalino ocorrem em pequenas quantidades.	Sem indícios de Cu. (Este derrame tem raros indícios de Cu em fraturas)	140	200	
CK-77	Pedr. Pref. Itapiranga Derrame nº 4	Zona vertical	Texturas intergranular, porfirítica e micrográfica. Derrame basáltico típico, com labradorita An ₅₀ , augita e pigeonita; ainda opacos, hematita, cloritas e apatita.	Sem indícios de cobre. Ocorrência do Macaco Branco	240	300	
CK-78	Pedr. Pref. Itapiranga Derrame nº 4	Zona vertical	Amostras CK-77, 78, 79, 80 e 81 coletadas na Ocorrência do Macaco Branco (Pedreira), distantes entre si cerca de 5 metros.	Fracos indícios de cobre finamente disseminados no seio da rocha.	190	200	
CK-79	Pedr. Pref. Itapiranga Derrame nº 4	Zona vertical	Idem anterior.	Idem anterior.	1.200	3.000	
CK-80	Pedr. Pref. Itapiranga Derrame nº 4	Zona vertical	Idem anterior.	Regulares indícios de cobre disseminados e raros em fraturas.	640	700	
CK-81	Pedr. Pref. Itapiranga Derrame nº 4	Zona vertical	Idem anterior.	Idem anterior.	280	700	
CK-82	Aparecida Derrame nº 4	Zona amigdalóide	Textura intergranular e porfirítica. A mineralogia é dominada por plagioclásio An ₅₈ e clinopiroxênio; opacos, clorita, quartzo e feldspato alcalino em quantidade pequenas.	Basalto amigdalóide (amígdalas com quartzo, carbonato e zeolitas) sem cobre.	55	70	
CK-83	Aparecida Derrame nº 4	Topo da zona vertical	Mesmo derrame amostras CK-77 a CK-81.	Sem indícios de cobre visíveis.	240	500	
CK-84	Aparecida Derrame nº 4	Topo da zona vertical	Idem anterior, apenas a amostra está mais alterada e com uma cor acastanhada.	Como anterior, apenas mais para o topo do derrame.	100	200	
CK-85	Aparecida Derrame nº 4	Zona intermediária	Idem anterior. Mesmo derrame e localização das amostras CK-82, 83 e 84.	Sem indícios de cobre. Intensamente fraturada e bastante alterada.	230	300	

TABELA - XIX / 8

N ^o AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	POSIÇÃO NO DERRAME	PETROGRAFIA SIMPLIFICADA	OBSERVAÇÕES	VALORES DE COBRE		
					p.p.m.		(%)
					A.A	E.E	
CK-86	Itapiranga Derrame n ^o 5	Zona vertical	Textura intergranular, com alguns microfenocristais de plagioclásio e clinopiroxênio. A mineralogia é dominada por plagioclásio An ₆₀ e clinopiroxênio, opacos, quartzo e feldspatos alcalinos são acessórios.	Fracos indícios (2 a 3 pontuações) de cobre nativo disseminado.	670	700	
CK-87	Barra do Guarita Derrame n ^o 2	Zona intermediária	Textura é hipocristalina, subofítica, e microporfirítica com microfenocristais de plagioclásio. A mineralogia essencial consiste de plagioclásio An ₆₀ , clinopiroxênio; como acessórios opacos, quartzo, feldspatos alcalinos e vidro.	Sem indícios de Cu. Basalto preto, fino, alteração amarelo ovo.	190	300	
CK-88	Barra do Guarita Derrame n ^o 3	Intermediária para o topo	Basalto cinza médio, esverdeado (devido a celadonita em microvesículas), amigdalóide em toda seção, de pequena espessura como derrame.	Derrame delgado que antecede derrame mineralizado de Macaco Branco.	120	200	
CK-89	Barra do Guarita Derrame n ^o 4	Zona vertical mais para base	Textura intergranular. A mineralogia dominante consiste de plagioclásio An ₅₄ , e clinopiroxênio; os opacos em pequena porcentagem; ainda celadonita, quartzo e feldspato alcalino.	Sem indícios de Cu, embora corresponda ao derrame com Cu de Macaco Branco.	200	500	
CK-90	Barra do Guarita Derrame n ^o 4	Zona vertical mais para o topo	Idem anterior.	Sem indícios de Cu. Mesmo derrame e zona da amostra anterior, mais para o topo.	140	300	
CK-91	BR-386 Km 429,5 Sheet(?)	Zona amigdalóide.	Amígdalas preenchidas por um mineral amarronado, birrefringente, pode ser uma mica(?). A mineralogia é dominada por plagioclásio An ₄₉ e clinopiroxênio, ocorrendo teor alto de quartzo e feldspato alcalino e minerais opacos, mica(?).	Sheet básico com diferenciação ácida e pegmatítica. Sem indícios de cobre.	-	300	
CK-92	Flor da Serra Derrame n ^o 4	Topo da zona vertical	Texturas intergranular, porfirítica, e micrográfica (na matriz). Mineralogia com plagioclásio An ₆₃ (até 50%), clinopiroxênios (45%); opacos, vidro e intercrescimentos de quartzo e feldspato alcalino.	Sem indícios de cobre. Mesmo derrame que aparece com Cu em Macaco Branco.	180	300	
CK-93	Flor da Serra Derrame n ^o 4	Parte média da zona vertical	Amostras CK-92, 93 e 94 do mesmo derrame e local, apenas com posições diferentes na zona vertical.	Idem anterior.	230	300	
CK-94	Flor da Serra Derrame n ^o 4	Base da zona vertical	Idem anterior.	Idem anterior.	200	300	

TABELA- XX/1

VALORES DE COBRE EM ROCHAS VULCÂNICAS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL DO EXTREMO-OESTE CATARINENSE
(AMOSTRAS COLETADAS PELO GEÓLOGO EDISON F. SUSZCZYNSKI).

Nº AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	POSIÇÃO NO DERRAME	COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA	OBSERVAÇÕES	VALORES DE COBRE	
					p.p.m.	
					A.A	E.E
B-01	BR-282 Trecho S. José do Cerrito - Ponte Serrada	Zona amigdalóide	Labradorita, augita, pseudomorfos de olivina, clorita, opala, sílica radial, óxido de ferro, apatita, serpentina, vidro parcialmente desvitrificado, clorofeita, opacos.	Basalto amigdalóide, impregnado de óxido de ferro, com pseudomorfos de olivina e vidro intersticial.	110	300
B-02	BR-282 Trecho S. José do Cerrito - Ponte Serrada		Amostra sem análise petrográfica. Provavelmente um basalto.		260	700
B-03	BR-282 Trecho S. José do Cerrito - Ponte Serrada	Zona amigdalóide (brecha?)	Labradorita, augita, óxido de ferro, pseudomorfos de olivina, sílica criptocristalina, clorita, talco, serpentina, opacos.	Basalto amigdalóide fortemente impregnado de óxidos de ferro com pseudomorfos de olivina transformados em talco e serpentina	80	200
B-04	BR-282 Trecho S. José do Cerrito - Ponte Serrada	Idem	Labradorita, augita, clorita, sílica microcristalina, (clorofeita), óxido de ferro, carbonato, apatita, opacos.	Basalto rico em óxidos de ferro com interstícios e amígdalas preenchidas por clorofeita.	75	150
B-05	BR-282 Trecho S. José do Cerrito - Ponte Serrada		Amostra sem análise petrográfica. Provavelmente um basalto.		60	150
B-06	BR-282 Trecho S. José do Cerrito - Ponte Serrada		Amostra sem análise petrográfica. Provavelmente um basalto.		200	300
B-07	BR-282, trecho Catan- duvas - Ponte Serrada, a 16 km desta.	próxima do topo (?)	Feldspato potássico, quartzo, andesina, hornblenda parda, opacos, augita, clorita, óxido de ferro, opala, apatita.	Quartzo-porfiro com uma massa micrográfica de quartzo e feldspato alcalino e porfiros de andesina e augita.	4	10
B-08	BR-282 próximo a São Miguel d'Oeste	Zona intermediária	Labradorita, augita subcálcica, pseudomorfos de olivina substituídos por bowlingita (clorita + goethita), opacos, material microcristalino, apatita.	Basalto normal, granular, com interstícios de material microcristalino.	80	200
B-09	Idem anterior	Zona amigdalóide	Labradorita, vidro pardo, augita subcálcica, opacos, amígdalas preenchidas por material argiloso verde, apatita.	Basalto amigdalóide, textura hialofítica, com interstícios preenchidos por vidro e amígdalas identificadas (raios-X) como celadonita.	95	150
B-10	Idem anterior	Zona intermediária, próximo ao topo	Amostra sem análise petrográfica. Trata-se de uma rocha basáltica.		120	200
B-11 A	SC-472, Km 20 trecho Iporã- Itapiranga	Base da zona amigdalóide	Vidro pardo, labradorita, augita subcálcica, zeolita, sílica criptocristalina.	Hialobasalto amigdalóide, constituído principalmente de vidro e contendo amígdalas com sílica microcristalina.	160	500
B-11 B	Idem anterior	Idem	Idem anterior.	Idem anterior.	170	200

TABELA- XX/2

VALORES DE COBRE EM ROCHAS VULCÂNICAS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL DO EXTREMO-OESTE CATARINENSE
(AMOSTRAS COLETADAS PELO GEÓLOGO EDISON F. SUSZCZYNSKI).

Nº AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	POSIÇÃO NO DERRAME	COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA	OBSERVAÇÕES	VALORES DE COBRE	
					P.P.M.	
					A.A	E.E
B-12	SC-472, Km 26 trecho Iporã-Itapiranga	Zona amigdalóide (paleofumarola)	Vidro marron, labradorita, carbonato, zeolita, augita.	Hialobasalto amigdalóide, constituído de vidro e contendo amígdalas de carbonato e zeolita.	75	200
B-13	Idem anterior	Zona intermediária para base	Labradorita, augita subcálcica, opacos, vidro pardo parcialmente desvitrificado, sílica microcristalina com clorita, pseudomorfos de olivina, apatita, quartzo, feldspato alcalino.	Diabásio com textura subofítica (é um derrame basáltico), com interstícios preenchidos por vidro.	90	200
B-14	Idem anterior	Acima zona amigdalóide	Vidro pardo, labradorita, zeolita, carbonato, fluorita, sílica microcristalina: arenito argiloso; quartzo, material argiloso, feldspato, biotita, sericita, turmalina, zircão.	Brecha vulcânica com fragmentos de hialobasalto amigdalóide e fragmentos de arenito argiloso, fino, homogêneo.	50	150
B-15	Pedreira da prefeitura Itapiranga. Macaco Branco	Zona intermediária (fraturas verticais)	Labradorita, augita subcálcica, opacos, material microcristalino, apatita, feldspato alcalino, quartzo.	Basalto típico (textura subofítica) com indícios de cobre nativo disseminados e em fraturas.	600(?)	500
B-16	Vista Alegre. Frederico Westphalen. Ocorrência do Mariani	Base da zona amigdalóide	Labradorita, augita, opacos, vidro pardo, material microcristalino, zeolita, apatita.	Basalto típico (textura interstetal) com cobre nativo; cuprita e alg. crisocolla em amígdalas.	3200(?)	5000

TABELA - XXI

VALORES DE COBRE DE VULCANITOS ÁCIDOS OBTIDOS POR ESPECTROGRAFIA DE EMISSÃO SEMIQUANTITATIVA E ABSORÇÃO ATÔMICA (p.p.m.).

Nº AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO	PETROGRAFIA SIMPLIFICADA	OBSERVAÇÕES	VALORES DE COBRE	
					p.p.m	
					A.A	E.E
CK-57	BR-386 Km 141	Vitrôfiro Dacitôide	A massa dominante é vítrea a criptocristalina, com ripas de feldspato e grãos de quartzo, e, palhetas de epidoto-zoisita, anfibólio, biotita (parte cloritizada), opacos, leucoxênio, etc, com grande impregnação de óxido de ferro.	Material predominantemente vítreo com algumas amígdalas.	200	300
CK-61	Fontoura Xavier	Vitrôfiro Dacitôide	Matriz vítrea dominante. Destacam-se as ripas de feldspato, cavidades preenchidas por sílica criptocristalina e material argiloso, massas impregnadas de óxido de ferro, cristais de piroxênio, anfibólio e epidoto-zoisita, grãos de opacos, etc.	Rocha encaixante dos depósitos de ágata e ametista da região de Fontoura Xavier.	10	50
CK-62	BR-386 Km 150	Hialoriodacito (leudacito)	Base microfelsítica, composta de vidro pardo com intercrescimentos micrográficos entre o quartzo e o feldspato potássico. Grãos de opacos por toda a rocha. Finas agulhas de apatita incolor.	Constitui o derrame ácido da base da seqüência sobreposto a derrames basálticos.	—	20
CK-63	BR-386 Km 154	Riolito	Massa fundamental parda, densa, microfelsítica, composta de vidro e de feldspato potássico, na qual distribuem-se ripas de plagioclásio e grãos de opacos. Acessórios de apatita incolor e material argiloso.	Na parte alta do planalto. Característica notável é o acentuado bandamento (parece ignimbritos).	—	10
CK-64	Gramado São Pedro - Fon- toura Xavier	Alteração Hidrotermal	Material argiloso, verde claro, provavelmente caulinita, contendo agregados microcristalinos de zeolita (grupo heulandita), esmectita e magnetita.	Aparece no topo do derrame ácido portador de ágatas e ametista.	—	05
CK-65	Gramado São Pedro - Fon- toura Xavier	Delenito (quartzolito)	Base fundamental ora vítrea, ora desvitrificada em feldspato potássico, onde se distribuem finas ripas de oligoclásio, e inúmeras amígdalas preenchidas por esmectita. E pontos de grãos opacos.	Rocha amígdalóide (amígdalas até 5 mm). É a encaixante dos depósitos silicosos de Gramado São Pedro	—	20
CK-66	Gramado São Pedro - Fon- toura Xavier	Riolito	Base vítrea marron, esferulítica, onde se distribuem ripas de plagioclásio e feldspato potássico; os opacos ocorrem alongados e em grãos. Como acessório, apatita.	Aparece na base do derrame sobrejacente ao derrame com depósitos silicosos (CK-65)	—	30
CK-67	BR-386 Km 216	Riolito	Massa composta de intercrescimentos micrográficos entre o quartzo e o feldspato potássico, na qual ocorre o plagioclásio em pequenas ripas, alterado em parte em material argiloso. Os opacos ocorrem em grãos e bastonetes.	Rocha de granulação fina, bandeada. Alterada assemelha-se a um arenito.	—	20
CK-68	BR-386 Km 227,5	Riolito	Massa rica em vidro pardo e feldspato potássico, na qual ocorrem ripas de andesina. A coloração parda da massa é devida ao óxido de ferro. Grãos de opacos, quartzo com material argiloso e rara apatita são acessórios.	Aparece próximo ao contato com basaltos na parte norte.	—	20

Resultados Petrográficos

TABELA - XXII / 1 PETROGRAFIA SIMPLIFICADA DOS BASALTOS TOLEÍTICOS DA ÁREA DO PROJETO

Nº AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	POSIÇÃO NO DERRAME	MICROSCOPIA			MACROSCOPIA
			MINERALOGIA	TEXTURA PRINCIPAL	OUTRAS TEXTURAS	
ES-1	Itapiranga (Poço da Safrita) Derrame nº2	Zona intermediária	Labradorita An ₅₈ (55%); augita(35%); celadonita(4%); minerais opacos(3%); vidro levemente cristalizado(3%); quartzo(traços).	Amigdalóide	Hipocristalina Hipidiomórfica	Rocha cinza esverdeada, gran. fina, amigdalóide. Amígdalas preenchidas por celadonita.
ES-2	Pedr. Prefeitura. Itapiranga Derrame nº 4	Zona vertical, intermediária	Labradorita An ₆₀ (57%); pigeonita(40%); minerais opacos(3%); clorita(traços); hematita(traços); quartzo e micropegmatito(traços); apatita(traços).	Granular hipidiomórfica	Micropegmatítica (textura gráfica na matriz)	Fracos indícios de Cu nativo disseminado e em fraturas. Rocha cinza escura, gran. fina, estrutura maciça.
ES-5	Itapiranga (Pedreira abandonada) Derrame nº 5	Zona vertical	Labradorita An ₆₂ (53%); augita(43%); opacos(3%); óxidos de ferro(1%); quartzo e apatita(traços).	Hipidiomórfica granular	Intergranular, grãos de augita entre cristais de plagioclásios	Rocha de coloração marron, gran. fina, textura maciça, raras amígdalas com celadonita.
ES-6	SC-472 Derrame nº 8	Base zona amigdalóide	Labradorita An ₅₈ (55%); augita(36%); minerais opacos(6%); celadonita(?) (3%); hematita(traços).	Hipidiomórfica granular	Microvesicular	Cor cinza escura, gran. fina. Pontuações esverdeadas (amígdalas), estrutura maciça.
ES-7	Sede Capela Derrame nº 2	Zona amigdalóide	Labradorita An ₅₃ (50%); augita(41%); celadonita(?) (5%); minerais opacos(4%); hematita e carbonato(traços).	Amigdalóide	Alotriomórfica a hipidiomórfica granular	Rocha cor cinza amarronada com amígdalas verde claro, gran. média a fina, estrutura amigdalóide.
ES-8	Barra do Guarita Derrame nº 5	Zona amigdalóide	Labradorita An ₅₄ (52%); augita(40%); quartzo(3%); minerais opacos(2%); carbonatos(2%); hematita(1%); celadonita(?) e zeolitas(traços).	Amigdalóide	Hipocristalina	Indícios fracos de Cu. Cor marron, gran. fina, estrutura amigdalóide. Amígdalas c/ qrtzo, carbonatos, zeolitas e celad.
ES-9	Dourado Derrame nº 1	Zona de disjunção horizontal	Labradorita An ₅₈ (48%); augita(39%); celadonita(?) (7%); vidro(3%); minerais opacos(3%); hematita(traços).	Hipocristalina	Amigdalóide	Rocha cinza com pontuações verdes(celadonita?). Gran. fina. estrutura isotropa.
ES-10	Dourado Derrame nº 2	Zona de disjunção horizontal	Augita(49%); labradorita An ₆₃ (44%); vidro(6%); opacos(1%); quartzo, óxidos de ferro e apatita como traços.	Amigdalóide	Hipocristalina Granular hipidiomórfica	Coloração cinza escura, gran. fina, estrutura maciça. Alteradas na borda.
ES-12	Vista Alegre Derrame nº 11	Zona amigdalóide	Labradorita An ₅₉ (50%); augita(43%); minerais opacos(5%); vidro parcialmente recristalizado(1%); zeolitas(1%); hematita e quartzo como traços.	Amigdalóide	Hipocristalina Intergranular Porfirítica	Fracos indícios de Cu nativo. Cor cinza acastanhada, afanítico, com amígdalas.
ES-12S	Vista Alegre Derrame nº 11	Zona amigdalóide	Labradorita An ₅₅ (49%); augita(39%); opacos(6%); celadonita(6%); hematita, vidro, quartzo e zeolitas como traços.	Amigdalóide	Hipocristalinas Hipidiomórfica Hipidiomórfica-xenomórfica(matriz)	Fracos indícios de Cu nativo. Cor cinza acastanhada, afanítico, amígdalas preenchidas de celadonita.

TABELA - XXII / 2

Nº AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	POSIÇÃO NO DERRAME	MICROSCOPIA			MACROSCOPIA
			MINERALOGIA	TEXTURA PRINCIPAL	OUTRAS TEXTURAS	
ES-13	Pedr. da Prefeitura de Itapiranga Derrame nº 4	Zona vertical	Plagioclásio An ₆₀ (50%); piroxênio (43%); minerais opacos (6%); quartzo + feldspato alcalino (traços); apatita (traços); clorita + celadonita (1%);	Intergranular	Micrográfica Poiquilítica	Apresenta indícios de Cu. Amostra cinza escura, gran. fina, textura afanítica, estrutura maciça, com fenocristais de plagioclásio.
ES-14	Aparecida Derrame nº 4	Zona vertical	Plagioclásio An ₅₈ (56%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (35%); minerais opacos (6%); vidro (2%); quartzo + feldspato alcalino (1%); zeolitas (traços).	Porfirítica-intergranular a subofítica	Micrográfica Poiquilítica	Apresenta indícios de Cu. Rocha de cor cinza escura, gran. fina, textura afanítica, estrutura maciça.
ES-15	Dourado Derrame nº 2	Zona vertical	Plagioclásio An ₆₆ (45%); augita (43%); minerais opacos (5%); vidro (7%); quartzo + feldspato alcalino (traços).	Microporfirítica	Hipocristalina Subofítica Poiquilítica	Amostra cinza escura, textura afanítica, estrutura maciça, com pequenos fenocristais de plagioclásio.
ES-17	Arroio Sociedade Derrame nº 2	Zona vertical	Plagioclásio An ₆₁ (58%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (35%); minerais opacos (4%); quartzo + feldspato alcalino (3%); vidro (traços); celadonita (traços).	Subofítica a Intergranular	Micrográfica Poiquilítica	Amostra cinza, gran. fina, textura maciça sem orientação preferencial.
ES-18	Arroio Sociedade Derrame nº 2	Base do Derrame	Plagioclásio An ₅₈ (50%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (41%); minerais opacos (8%); vidro + quartzo + feldspato alcalino (1%).	Intergranular	Poiquilítica	Rocha de cor cinza amarronada, gran. fina, textura afanítica, estrutura maciça.
ES-19	Aparecida Derrame nº 4	Zona vertical	Plagioclásio An ₆₀ (45%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (40%); minerais opacos (5%); malaquita (7%); quartzo + feldspato alcalino (3%); apatita (traços).	Intergranular	Micrográfica na matriz Poiquilítica	Amostra cinza escura, gran. fina, inequigranular a porfirítica. A estrutura é maciça.
ES-21	Flor da Serra Derrame nº 4	Base da zona amigdalóide	Clinopiroxênio (augita e pigeonita) (44%); plagioclásio An ₅₈ (40%); minerais opacos (6%); vidro + clorita + zeolita (10%).	Subofítica a Intersertal	Poiquilítica	Rocha cinza amarronada, gran. fina, estrutura amigdalóide, amígdalas preenchidas por clorita e zeolitas.
ES-22	Flor da Serra Derrame nº 4	Zona vertical	Plagioclásio An ₆₃ (50%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (45%); minerais opacos (5%); quartzo + feldspato alcalino (traços); vidro (traços).	Subofítica a Intergranular	Porfirítica Micrográfica na matriz Poiquilítica	Amostra cinza escura, gran. fina, textura afanítica a porfirítica, estrutura maciça.
ES-23	Flor da Serra Derrame nº 6	Zona de disjunção horizontal de topo	Plagioclásio An ₆₃ (47%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (44%); minerais opacos (6%); vidro cloritizado (?) (3%); quartzo + feldspato alcalino (traços); zeolitas (traços).	Intergranular a Subofítica	Micrográfica na matriz Poiquilítica	Amostra de cor cinza amarronada, gran. fina, textura afanítica, estrutura maciça.

TABELA - XXII / 3

Nº AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	POSIÇÃO NO DERRAME	MICROSCOPIA			MACROSCOPIA
			MINERALOGIA	TEXTURA PRINCIPAL	OUTRAS TEXTURAS	
ES-24	São Judas Tadeu Derrame nº 2	Topo (sheet?)	Plagioclásio An ₆₀ (60%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (30%); minerais opacos (7%); quartzo + feldspato alcalino (2%); clorita (?) (1%).	Glomeroporfirítica	Micrográfica na matriz Poiquilítica	Fase pegmatítica de Basalto toleítico ou <i>sheet</i> básico diferenciado e acamadado.
ES-25	São Judas Tadeu Derrame nº 4	Zona amigdalóide	Plagioclásio An ₆₀ (45%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (40%); minerais opacos (7%); vidro (8%).	Subofítica	Hipocristalina Microporfirítica Poiquilítica	Rocha cinza escura, textura afanítica, estrutura maciça. Amígdalas com carbonatos.
ES-26	Aparecida Derrame nº 2	Zona vertical	Plagioclásio An ₅₇ (50%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (41%); minerais opacos (7%); quartzo + feldspato alcalino (1%); malaquita (1%).	Intergranular	Micrográfica Poiquilítica	Apresenta indícios de Cu. Cor cinza escura, gran. fina, textura afanítica a porfirítica.
ES-27	S. Lourenço Derrame nº 7	Zona intermediária	Plagioclásio An ₆₄ (50%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (44%); minerais opacos (5%); quartzo + feldspato alcalino (1%); clorita (?) (traços).	Intergranular sem microfeno cristais	Micrográfica	Amostra cinza amarronada, textura afanítica, gran. fina, estrutura maciça.
ES-28	São Miguel Derrame nº 2	Zona de disjunção horizontal de topo	Plagioclásio An ₆₁ (38%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (38%); material ferruginoso (25%); clorita (?) e quartzo (1%).	Hialofítica	Hipocristalina	A amostra é cinza escura, textura afanítica a hipocristalina. Estrutura maciça, gran. muito fina.
ES-29	Volta Grande Derrame nº 2	Zona intermediária	Clinopiroxênio (augita e pigeonita) (45%); plagioclásio An ₆₃ (42%); minerais opacos (5%); vidro (8%).	Subofítica	Hipocristalina Microporfirítica Poiquilítica	Rocha cinza escura, textura afanítica, estrutura maciça, com pequenos fenocristais de plagioclásio.
ES-30	Linha Morais Derrame nº 6	Zona de disjunção horizontal de topo	Plagioclásio An ₆₁ (33%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (33%); minerais opacos + material ferruginoso (30%); hematita (3%); clorita (?) (1%); malaquita (traços)	Hialofítica na matriz, com microfeno cristais de plag. e de clinopirox.	Amigdalóide	Cor cinza amarronada, gran. fina, textura afanítica, estrutura maciça.
ES-31	Linha Morais Derrame nº 6	Base do Derrame	Plagioclásio An ₅₂ (50%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (44%); minerais opacos (6%); quartzo + feldspato alcalino (traços); clorita (traços).	Intergranular e Microporfirítica	Micrográfica na matriz Poiquilítica	A amostra tem cor amarronada, gran. fina, textura afanítica, estrutura maciça.
ES-32	Vista Alegre Derrame nº 11	Zona intermediária para base	Clinopiroxênios (augita e pigeonita) (50%); plagioclásio An ₆₄ (44%); minerais opacos (5%); quartzo + feldspato alcalino (1%); celadonita (traços); malaquita (?) (traços).	Intergranular a ofítica	Micrográfica na matriz Poiquilítica	Cor cinza amarronada gran. fina, textura afanítica, estrutura maciça. Fraturas com óxido de ferro.
ES-33	Vista Alegre Derrame nº 10	Zona intermediária	Clinopiroxênio (augita e pigeonita) (50%); plagioclásio An ₆₁ (45%); minerais opacos (5%); quartzo + feldspato alcalino (traços); celadonita (traços).	Intergranular	Micrográfica na matriz Poiquilítica	Cor cinza, gran. fina, textura afanítica, estrutura maciça.

TABELA - XXII / 4

Nº AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	POSIÇÃO NO DERRAME	MICROSCOPIA			MACROSCOPIA
			MINERALOGIA	TEXTURA PRINCIPAL	OUTRAS TEXTURAS	
ES-34	Vista Alegre Derrame nº 11	Base da zona amigdalóide	Plagioclásio An ₆₁ (47%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (45%); minerais opacos (7%); quartzo + feldspato alcalino (traços); clorita(?) e malaquita(1%); apatita(traços).	Intergranular	Micrográfica na matriz Poiquilítica	Apresenta fracos indícios de Cu. Cor cinza, gran. fina, estrutura amigdalóide. Amígdalas de clorita e malaquita.
ES-35	Vista Alegre Derrame nº 9	Zona amigdalóide	Clinopiroxênio (augita e pigeonita) (44%); plagioclásio An ₅₈ (43%); minerais opacos (6%); material de alteração(5%); zeolitas (2%); hematita(traços); clorita e malaquita(traços).	Hialofítica	Amigdalóide	Apresenta indícios de Cu. Cor marron claro, gran. fina, estrutura vesicular. Vesículas com zeolitas, clorita e malaquita.
ES-36	Vista Alegre Derrame nº 9	Zona intermediária	Plagioclásio An ₆₁ (50%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (42%); minerais opacos (7%); quartzo + feldspato alcalino (1%); malaquita(traços); vidro(?) (traços).	Subofítica	Micrográfica Poiquilítica	Rocha cinza amarronada, textura afanítica, gran. fina, estrutura maciça, sem orientação preferencial.
ES-37	Vista Alegre Derrame nº 8	Zona intermediária	Plagioclásio An ₅₂ (55%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (39%); minerais opacos (4%); quartzo + feldspato alcalino(1%); clorita(1%); zeolita(traços); vidro(?) (traços).	Intergranular um tanto aglomerada	Micrográfica Poiquilítica	Amostra cinza, gran. fina, estrutura maciça, textura afanítica, com pontas de óxidos de ferro.
ES-38	BR-386 Km 424.	Zona amigdalóide	Plagioclásio An ₅₇ (39%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (35%); minerais opacos (10%); celadonita(1%); material de alteração(15%).	Hialofítica	Amigdalóide	Amostra cinza escura, gran. fina, vesicular. Vesículas com celadonita e quartzo.
ES-39	São Paulo Derrame nº 9	Zona amigdalóide	Plagioclásio(labradorita); augita, óxido de ferro; sílica criptocristalina e quartzo; opacos; minerais argilosos; epidoto-zoizita.	Intergranular	Amigdalóide	Rocha afanítica, cor avermelhada, massa fina densa e compacta, cavidades com sílica criptocristalina e quartzo.
ES-40	São Paulo Derrame nº 9	Zona amigdalóide	Plagioclásio An ₅₇ (49%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (30%); minerais opacos e produtos de alteração(15%); vidro(3%); clorita e quartzo(3%).	Intergranular a Subofítica	Amigdalóide	Amostra cinza. A textura é afanítica, gran. fina, estrutura amigdalóide. Amígdalas com clorita e quartzo.
ES-41	São Paulo Derrame nº 9	Zona intermediária	Plagioclásio(labradorita), augita, óxido de ferro, opacos, sílica criptocristalina e quartzo, zeolitas, minerais argilosos; epidoto-zoizita.	Subofítica a Intergranular	Amigdalóide	Rocha alterada, cor arroxeada, afanítica pouco grosseira.
ES-45	Km-5 Iraí-Planalto	Zona intermediária de um Sheet (?)	Plagioclásio(labradorita), augita, opacos, clorita, sílica criptocristalina, óxido de ferro, biotita, minerais argilosos.	Subofítica	Microfanerítica	Rocha granular, cinza claro, classificada como diabásio. Apresenta diferenciação pegmatítica e acamamento grosseiro(Sheet?)

TABELA- XXII / 5

Nº AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	POSIÇÃO NO DERRAME	MICROSCOPIA			MACROSCOPIA
			MINERALOGIA	TEXTURA PRINCIPAL	OUTRAS TEXTURAS	
ES-46	Linha União Derrame nº4	Zona intermediária próximo ao topo	Plagioclásio(labradorita), augita, opacos, clorita, minerais argilosos, apatita, óxido de ferro, sílica criptocristalina.	Intergranular a Subofítica	Criptocristalina	Amostra de cor cinza escura, melanocrática, densa e compacta, gran. pouco grosseira.
ES-47	Linha União Derrame nº 6	Zona Intermediária	Plagioclásio(labradorita), augita, opacos, clorita, sílica criptocristalina, minerais argilosos, oxidado de ferro.	Intergranular		Amostra pardacenta, alterada, gran. pouco grosseira.
ES-56	Itapiranga SC-472 Derrame nº 2	Zona de disjunção horizontal de topo	Plagioclásio An ₅₇ (40%); clinopiroxênio (titanio-augita) (34%); minerais opacos (25%); clorita (1%).	Subofítica a Intergranular	Microporfirítica Poiquilítica	Rocha cinza escura, textura afanítica, estrutura maciça com raras amígdalas. É magnética.
ES-57	Itapiranga SC-472 Derrame nº 4	Base da zona intermediária	Plagioclásio An ₅₅ (50%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (43%); minerais opacos (5%); celadonita (1%); quartzo + feldspato alcalino (1%); clorita (?) (traços).	Intergranular a levemente Microporfirítica	Micrográfica Poiquilítica	Rocha cinza amarronada, textura afanítica, gran. fina, estrutura maciça.
ES-58	Itapiranga Derrame nº 6	Zona Intermediária	Plagioclásio An ₅₈ (55%); clinopiroxênio (augita + pigeonita) (39%); minerais opacos (5%); quartzo + feldspato alcalino (1%).	Granular hipidiomórfica a Subofítica	Micrográfica na matriz Poiquilítica	Amostra marron avermelhada, textura afanítica, sem orientação aparente.
ES-59	Aparecida Derrame nº 4	Topo amigdalóide	Plagioclásio An ₅₈ (50%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (43%); minerais opacos (4%); clorita (3%); quartzo + feldspato alcalino (traços).	Intergranular e Porfirítica	Micrográfica	Rocha cinza amarronada, textura afanítica, gran. fina, estrutura amigdalóide. Amígdalas de quartzo e clorita.
ES-60	Itapiranga Derrame nº 5	Zona vertical	Plagioclásio An ₆₀ (50%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (44%); minerais opacos (5%); quartzo + feldspato alcalino (1%).	Intergranular	Micrográfica na matriz	Fracos indícios de Cu nativo. Rocha cinza escura, textura afanítica, gran. fina, estrutura maciça.
ES-61	Barra do Guarita Derrame nº 2	Zona Intermediária	Plagioclásio An ₆₀ (55%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (39%); minerais opacos (5%); quartzo + feldspato alcalino (1%); vidro (traços).	Hipocristalina	Subofítica Microporfirítica Poiquilítica	Amostra cinza escura, textura afanítica, estrutura maciça, raros microfenocristais de plagioclásio.
ES-62	Barra do Guarita Derrame nº 4	Zona vertical mais para base	Plagioclásio An ₅₄ (56%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (40%); minerais opacos (3%); celadonita (1%); quartzo + feldspato alcalino (traços).	Intergranular	Micrográfica na matriz Poiquilítica	Amostra cinza escura, textura afanítica, gran. fina, estrutura maciça, sem orientação preferencial.
ES-64	BR-386 Km 429,5	Zona amigdalóide próxima do topo	Plagioclásio An ₄₉ (35%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (20%); quartzo + feldspato alcalino (26%); minerais opacos (15%); mica marron (?) (4%).	Pegmatítica	Micrográfica Amigdalóide Inequigranular	Seria um diferenciado ácido de um derrame basáltico ou de um Sheet básico. Apresenta também diferenciação pegmatítica. No campo é acamadado. Poderia ser chamado de granófiro.

TABELA - XXII / 6

Nº AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	POSIÇÃO NO DERRAME	MICROSCOPIA			MACROSCOPIA
			MINERALOGIA	TEXTURA PRINCIPAL	OUTRAS TEXTURAS	
ES-66	BR-386 Km 429	Zona intermediária(?)	Plagioclásio An ₅₇ (50%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (35%); vidro(10%); minerais opacos(5%).	Intersertal	Hialofítica Hipocristalina Porfirítica	Derrame muito delgado, de granulação muito fina e com abundante vidro. Apresenta intercalações de arenito verde escuro.
ES-67	BR-386 Km 429	Base da zona amigdalóide	Plagioclásio An ₅₁ (35%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (25%); quartzo + feldspato alcalino(23%); minerais opacos(7%); amígdalas(10%).	Pegmatítica	Micrográfica Amigdalóide	Foi classificada com reservas como Dacito toleítico. É o mesmo caso das amostras ES-45 e ES-64. Apresenta diferenciação ácida e pegmatítica. Poderia ser um sheet básico diferenciado.
ES-68	Próx.de Itapiranga SC-472 Derrame nº 2	Zona Intermediária	Plagioclásio. An ₆₂ (54%); clinopiroxênio (augita e pigeonita) (35%); minerais opacos(6%); material cloritoso(5%).	Intergranular a Subofítica	Microporfirítica	Amostra cinza amarronada, gran. fina, textura afanítica, estrutura maciça.
OF-1	Itapiranga (Poço da Safrita) Derrame nº 2	Zona Intermediária	Plagioclásio cálcico, augita, olivina alterada, material argiloso, clorita, zeolita, bowlingita, opacos, vidro pardo e parcialmente desvitrificado, apatita.	Amigdalóide	Hipocristalina Hipidiomórfica	O material argiloso das amígdalas é celadonita. Foi feita difração de raios X.
CG-R-12	Itapiranga SC-472 Derrame nº4	Base da zona intermediária	Plagioclásio(labradorita), augita, opacos, clorita, sílica. criptocristalina, óxido de ferro, uralita, minerais argilosos, biotita.	Intergranular	Microporfirítica Micrográfica	Basalto de granulação fina, abundante celadonita em fraturas. Mesmo ponto da amostra ES-57.
ES-19S	Pedr. Prefeitura de Itapiranga Derrame nº 4	Zona Intermediária	Plagioclásio(labradorita), piroxênio, opacos, quartzo + feldspato, clorita(?), óxidos de ferro, apatita.	Intergranular	Porfirítica	O cobre nativo ocorre tanto nas fraturas como disseminado no corpo da rocha.
ES-20S	Pedr. Prefeitura de Itapiranga Derrame nº 4	Zona Intermediária	Plagioclásio(labradorita), piroxênio (augita), opacos, óxidos de ferro, quartzo + feldspato, clorita e apatita.	Intergranular	Porfirítica Micrográfica	Indícios de Cu nativo nas fraturas às vezes é acompanhado de cuprita. Ocorre também disseminados no corpo da rocha.
CK-R-3	BR-386 Km 431,2	Parte intermediária de um Sheet básico	Labradorita An ₅₇ (46%); augita(45%); minerais opacos(4%); vidro(2%); clorita(2%); hematita(1%); carbonato(traços).	Hipidiomórfica a alotriomórfica granular	Subofítica Hipocristalina	Amostra do mesmo corpo das ES-45, 64 e 67. Granulação média, acamamento grosseiro e diferenciação ácida e pegmatítica sugerem um Sheet e não um derrame.

TABELA - XXII / 7

Nº AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	POSIÇÃO NO DERRAME	MICROSCOPIA			MACROSCOPIA
			MINERALOGIA	TEXTURA PRINCIPAL	OUTRAS TEXTURAS	
B-11	SC-472 Iporã-Itapiranga Derrame nº 8	Base da zona amigdalóide	Vidro pardo, labradorita, augita subcálcica, zeolita, sílica criptocristalina.	Vítrea a Hipocristalina	Amigdalóide	Rocha constituída principalmente de vidro. Contém amígdalas com sílica e zeolitas.
B-12	SC-472 - Km 27 trecho Iporã-Itapiranga Derrame nº 6	Topo da zona amigdalóide	Vidro marron, labradorita, carbonato, zeolita, augita.	Hipocristalina	Amigdalóide	Hialobasalto associado a uma paleofumarola. Amígdalas com carbonato e zeolitas.
B-13	SC-472 - Km 27 trecho Iporã-Itapiranga Derrame nº 7	Zona intermediária (colunar)	Labradorita, augita subcálcica, opacos, vidro pardo parcialmente desvitrificado, sílica microcristalina com clorita, pseudomorfos de olivina, apatita, quartzo, feldspato alcalino.	Subofítica	Diabásica	Classificada como diabásio pela textura. Trata-se de um derrame basáltico.
B-15	Área-alvo Macaco Branco Derrame nº 4	Zona intermediária	Labradorita, augita subcálcica, opacos, material microcristalino, apatita, feldspato alcalino, quartzo.	Subofítica	Micrográfica Porfirítica	Basalto típico. É o derrame com cobre de Macaco Branco.
B-16	Área-alvo Vista Alegre Derrame nº 11	Base da zona amigdalóide	Labradorita, augita, opacos, vidro pardo, material microcristalino, zeolita, apatita.	Intersertal	Amigdalóide	Basalto típico com amígdalas com cobre nativo, cuprita e zeolitas.

TABELA-XXIII/1 . PETROGRAFIA SIMPLIFICADA DE ROCHAS BÁSICAS DA ÁREA DO PROJETO (SEM LOCALIZAÇÃO PRECISA).
PARTE DOS TRABALHOS DE PRÉ-VIABILIDADE NA ÁREA DE ITAPIRANGA- DNPM / 1º DISTRITO

Nº AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO	MINERALOGIA	TEXTURA PRINCIPAL	OUTRAS TEXTURAS	OBSERVAÇÕES
IT-6-A	Diabásio amigdaloidal	Labradorita, augita, opacos, material argiloso verde, pseudomorfos de olivina substituídos por material verde, calcedônia, zeolita, vidro pardo parcialmente desvitrificado, apatita.	Subofítica	Amigdalóide	Diabásio rico em amígdalas, preenchidas por celadonita verde fibrorradiada e por esmectita mais clara, formando intercrescimentos variados.
IT-7	Diabásio	Labradorita, augita, opacos, vidro pardo parcialmente desvitrificado, material argiloso verde, zeolita, pseudomorfos de olivina substituídos por bowlingita (clorita e goethita), apatita e calcedônia.	Intersertal	Intergranular	Diabásio de granulação mais grosseira, rico em material vítreo pardo; as vesículas são preenchidas por material argiloso verde.
IT-9	Basalto	Labradorita, augita, opacos, material argiloso esverdeado, feldspato alcalino, quartzo, apatita.	Subofítica	Porfirítica	Basalto toleítico bem preservados. Minerais secundários pouco frequentes.
IT-10	Basalto	Labradorita, augita, opacos, material argiloso verde, quartzo, feldspato alcalino, vidro pardo parcialmente desvitrificado, apatita.	Subofítica	Intergranular	Basalto toleítico normal muito bem preservado, com presença de algum vidro intersticial e pouco material argiloso.
IT-11	Basalto	Labradorita, augita, opacos, material argiloso esverdeado, feldspato alcalino, quartzo, apatita.	Subofítica	Intergranular	Presença de massa fundamental ácida com quartzo e de feldspato alcalino; intercrescimentos micrográficos.
IT-14	Diabásio	Labradorita, augita, material argiloso verde, opacos, calcedônia, vidro pardo parcialmente desvitrificado, apatita.	Intersertal	Ofítica	É um diabásio toleítico bem definido, rico em amígdalas com material argiloso verde homogêneo.
IT-24	Diabásio amigdaloidal	Labradorita, augita, vidro pardo parcialmente desvitrificado, opacos, material argiloso verde, pseudomorfos de olivina substituídos por material verde, apatita, zeolita, calcedônia.	Hialofítica	Amigdalóide	Amostra rica em vesículas bem desenvolvidas e preenchidas por material argiloso verde-azulado, fibrorradiado (celadonita), produto de alteração hidrotermal.
IT-25	Basalto	Labradorita, augita, opacos, vidro pardo parcialmente desvitrificado, material argiloso pardo-esverdeado, biotita, pseudomorfos de olivina substituídos por bowlingita (clorita e goethita), apatita.	Subofítica	Intergranular	Basalto toleítico, com material argiloso pardo-esverdeado preenchendo vesículas, interstícios e fraturas, traços de clivagem do plagioclásio.
IT-27	Basalto	Labradorita, augita, opacos, sílica microcristalina, material argiloso esverdeado, vidro pardo parcialmente desvitrificado, apatita.	Intersertal	Ofítica	Basalto toleítico, com proporções aproximadas entre piroxênio e o plagioclásio, rico em minerais opacos, que dão a coloração avermelhada.
IT-28	Diabásio amigdaloidal	Labradorita, augita, opacos, material argiloso verde, pseudomorfos de olivina substituídos por bowlingita (clorita e goethita), vidro pardo parcialmente desvitrificado, zeolita, apatita, calcedônia.	Amigdaloidal	Subofítica Intersertal	Basalto toleítico que tem como característica marcante grande quantidade de vesículas preenchidas por material argiloso verde.

TABELA - XXIII / 2

Nº AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO	MINERALOGIA	TEXTURA PRINCIPAL	OUTRAS TEXTURAS	OBSERVAÇÕES
IT-29	Diabásio	Labradorita, augita, opacos, material argiloso verde, vidro pardo parcialmente desvitrificado, pseudomorfos de olivina substituídos por bowlingita (clorita e goethita), zeolita, apatita.	Intersertal	Subofítica	Tanto o material argiloso verde, como a zeolita fibrorradiada incolor preenchem vesículas.
IT-32	Basalto	Labradorita, augita, opacos, material argiloso verde, vidro pardo parcialmente desvitrificado, apatita.	Subofítica	Porfirítica	Foi considerado como um basalto grosseiro por ser a sua granulometria intermediária as dos basaltos e dos diabásios.
IT-34	Diabásio	Labradorita, augita, opacos, material argiloso verde, vidro pardo parcialmente desvitrificado, sílica micro cristalina, apatita.	Intersertal	Subofítica	Trata-se de um diabásio fino, onde as vesículas são preenchidas por material argiloso verde e sílica microcristalina.
IT-53	Diabásio amigdaloidal	Labradorita, vidro pardo parcialmente desvitrificado, opacos, augita, material argiloso verde, zeolita, apatita, calcedônia.	Hialofítica	Amigdalóide	Diabásio rico em amígdalas, formadas por celadonita ou esmectita.
IT-60	Diabásio	Labradorita, augita, opacos, vidro pardo parcialmente desvitrificado, material argiloso verde, calcedônia, pseudomorfos de olivina substituídos por bowlingita (clorita e goethita), apatita.	Intersertal	Intergranular	As vesículas e espaços intersticiais são preenchidos por material argiloso verde, geralmente misturado com calcedônia. Esta nos bordos das amígdalas.
IT-65	Basalto amigdaloidal	Labradorita, augita, opacos, vidro pardo parcialmente desvitrificado, material argiloso verde, pseudomorfos de olivina substituídos por material esverdeado, calcedônia, apatita.	Hialofítica	Amigdalóide	É um basalto rico em vesículas preenchidas por material argiloso verde, identificado como celadonita e esmectita.

Resultados de Análises de Raios X

TABELA- XXIV

RESULTADOS DE ANÁLISES DE DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

* ANÁLISES REALIZADAS POR SOLICITAÇÃO DO 1º DISTRITO DNPM-ESTUDOS DE PRÉ-VIABILIDADE.

Nº AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	MINERAIS IDENTIFICADOS	ROCHA ENCAIXANTE	OBSERVAÇÕES
IS-1	Km 427 da BR-386	Mica verde, provavelmente celadonita, esmectita.	Basalto toleítico	A análise mineralógica foi do material verde que preenche vesículas e fraturas.
IS-2	Gramado São Pedro-Fontoura Xavier	Zeolita do grupo da heulandita, esmectita, magnetita.	Riodacito	Não foi caracterizado a zeolita dentro do grupo, por estar formando agregados microcristalinos.
OF-1	Itapiranga (poço da Safrita)	Celadonita	Basalto Amigdaloidal	A análise foi do material argiloso encontrado nas amígdalas.
IT-6a*	Itapiranga	Celadonita, esmectita	Diabásio Amigdaloidal	Analizou-se o material verde preenchendo as vesículas, como também a fração fina da rocha.
IT-24*	Itapiranga	Celadonita, esmectita	Diabásio Amigdaloidal	O material verde preenchendo as vesículas é constituído somente pelo mineral celadonita.
IT-53*	Itapiranga	Celadonita, esmectita	Diabásio Amigdaloidal	Idem IT-6a.
IT-58*	Itapiranga	Celadonita, mineral do grupo da esmectita	Basalto (?)	O material analisado corresponde as crostas verdes.
IT-65*	Itapiranga	Celadonita, esmectita	Basalto Amigdaloidal	Idem IT-6a.
IT-67*	Itapiranga	Celadonita	Basalto (?)	Idem IT-58.
B-2 *	ignorada	Celadonita	Basalto (?)	Idem IT-58.
B-5 *	ignorada	Celadonita	Basalto (?)	Idem IT-58.
B-7 *	ignorada	Malaquita	Basalto (?)	Analizou-se as frações verdes e azuis, que correspondem ao mineral malaquita; a fração azul apresenta baixa cristalinidade.
B-8 *	ignorada	Malaquita	Basalto (?)	Idem B-7.

Fotografias e Fotomicrografias



Foto 1 - Zona intermediária, com fraturamento vertical, de derrame basáltico típico, com cobre nativo em fraturas e disseminado no seio da rocha. Pedreira da Prefeitura de Itapiranga. Macaco Branco.

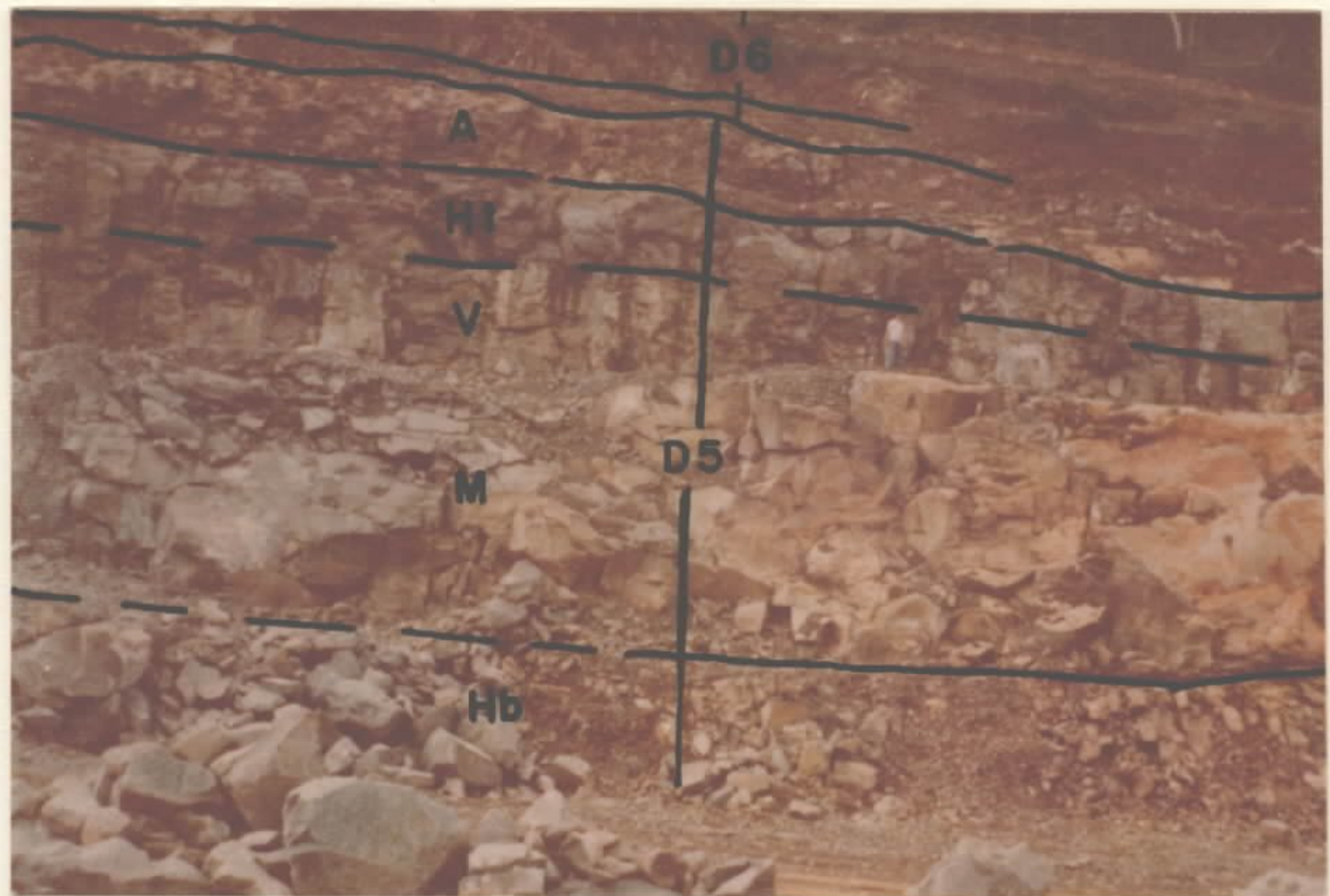


Foto 2 - Zonas estruturais derrame basáltico (D5) com granulação média: A - amigdalóide; Ht e Hb - zonas de diaclasamento horizontal de topo e base; V e M - zonas intermediárias de fraturamento vertical e maciça. Km 3, SC-472. Itapiranga.

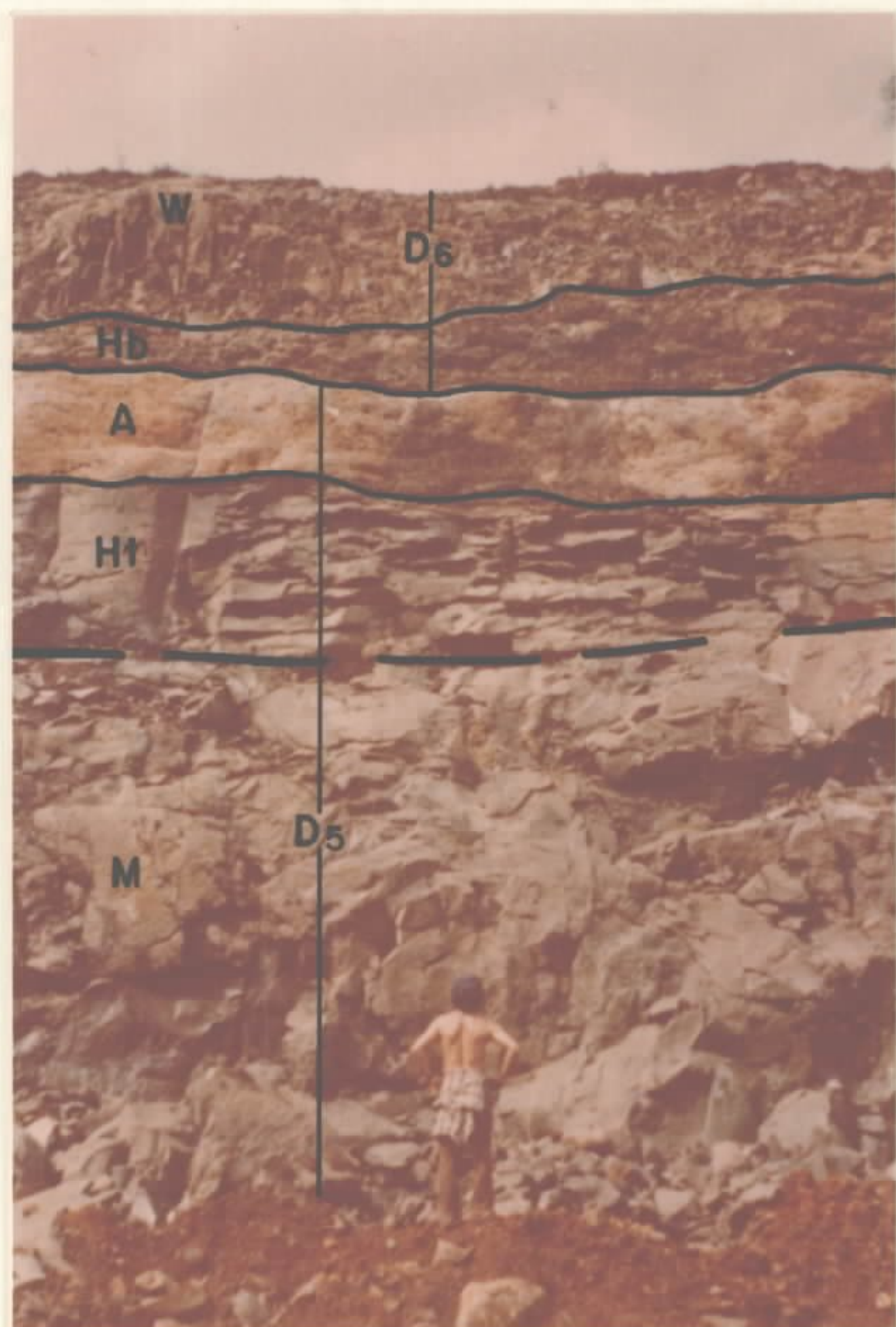


Foto 3 - Maior detalhe da foto 2. Derrame basáltico nº 6 (D6) parcialmente erodido. Km 3, estrada estadual SC-472. Itapiranga.



Foto 4 - Perfil morfológico equivalente ao corte da foto anterior (3). Evidencia o comportamento morfológico das zonas de um derrame.



Foto 5 - Derrame complexo portador de geodos com ametista (indicados pela seta). I - arenito intertrápico; A₁ - amigdalóide; A₂ - microvesicular ("cascalho"); M - maciça. Km 420, BR-386.



Foto 6 - Detalhe das zonas amigdalóide (A₁), aspecto compacto, e microvesicular (A₂), intensamente fraturada ("cascalho"). Note-se a junta horizontal de separação.

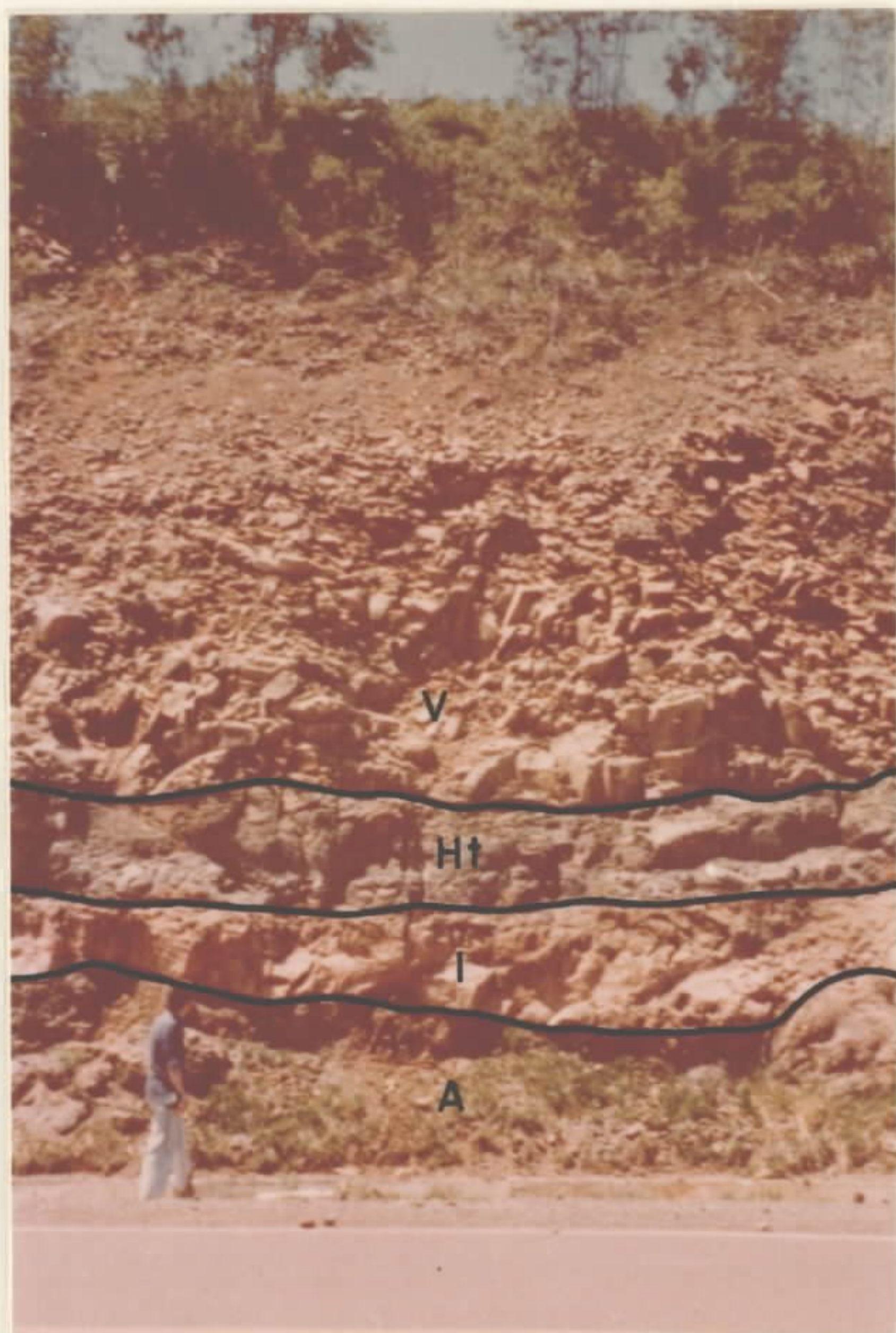


Foto 7 - Nível de arenito siltico (I), silicificado, separando 2 derrames basálticos. O inferior é o portador de ametistas da foto 5 anterior. Km 420, BR-386.



Foto 8 - Detalhe da foto anterior. Note-se a base do derrame superior, finamente laminada e com alteração esferoidal, e o topo amigdalóide derrame inferior.



Foto 9 - Bandeamento na parte superior do derrame, determinado por níveis de basalto fino e níveis de basalto vesicular. A 3 km a NW de Ipuáçu. Palmitinhos.

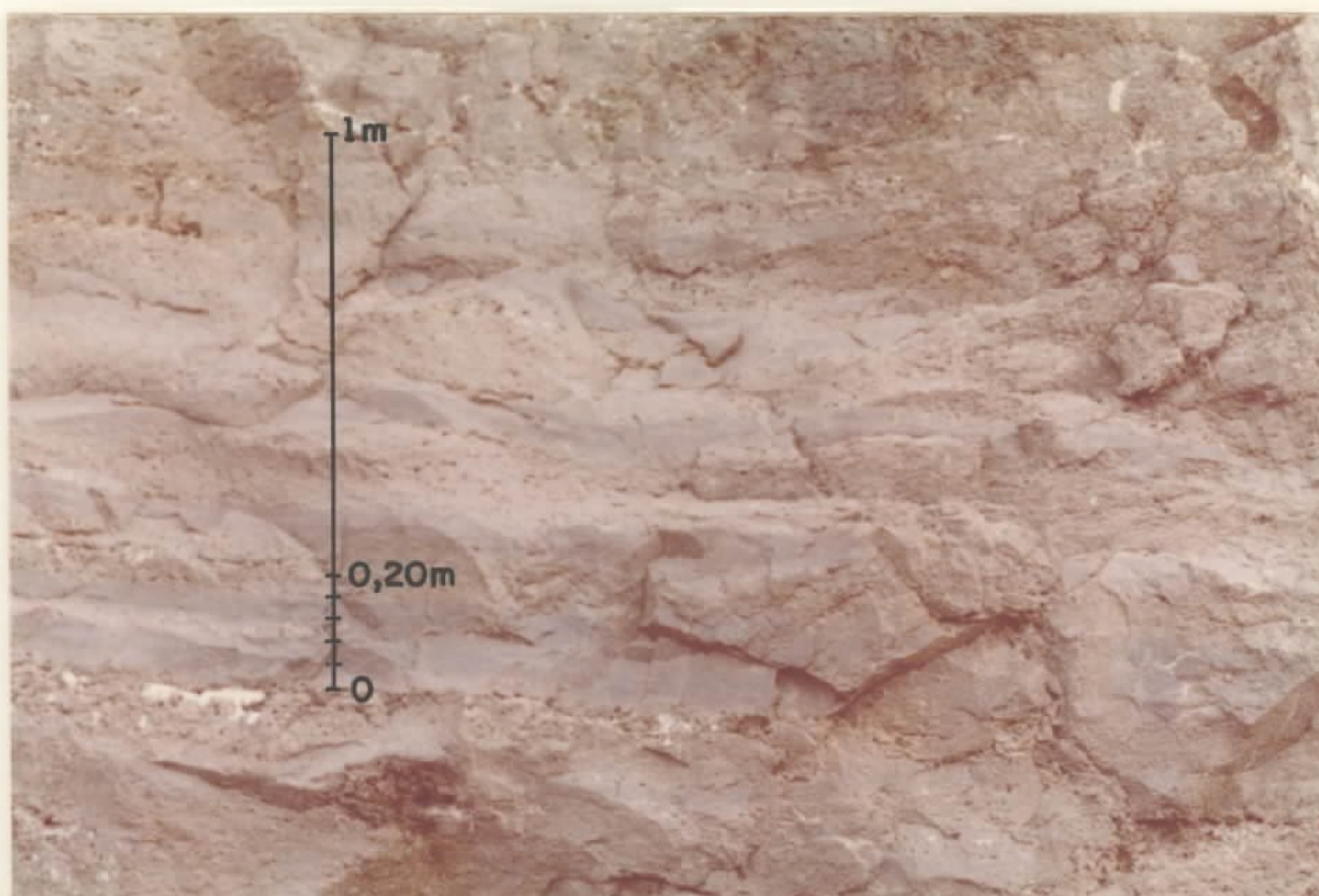


Foto 10 - Detalhe da foto anterior. Bandeamento deve corresponder às linhas horizontais de fluxo da porção superior do derrame.



Foto 11 - Derrame basáltico com uma zona amigdalóide (A) de aspecto compacto, uma zona de diaclasamento horizontal (Ht) finamente laminada e uma zona central com fraturas irregulares. Km 410, BR-386.



Foto 12 - Detalhe foto anterior, mostrando presença de vesículas na zona de diaclasamento horizontal e na zona central.



Foto 13 - Contato plano-horizantal entre 2 derrames basálticos. Base derrame superior com generalizada alteração esferoidal incipiente. A 1 km a sul de Vista Gaúcha. Tenente Portela.



Foto 14 - Contato irregular entre 2 derrames. Base derrame superior com fraturamento horizontal, sobre brecha vulcânica mista (fragm. de basalto amigdalóide + fragm. de arenito). Km 3,5 , SC-472. Itapiranga.



Foto 15 - Detalhe da brecha mista, com pedaços difusos de basalto amigdalóide imersos em matriz arenosa, orientada no plano horizontal. Km 4,5, SC-472. Itaipiranga.



Foto 16 - Brecha basáltica, essencialmente amigdalóide, semelhante às lavas tipo "aa". Note-se o contato irregular com a base de diaclasamento horizontal do derrame superior. Km 424, BR-386. Iraí.



Foto 17 - Brecha mista (basalto + arenito) separada da base do derrame superior (Hb) por um nível de arenito intertrápico (I), evidência definitiva da ligação da brecha com o derrame inferior. Km 420, BR-386.



Foto 18 - Idêntica situação da foto acima. Derrame superior e nível arenítico são posteriores à formação da brecha mista. A 3 km a SE de Derrubadas. Tenente Portela.



Foto 19 - Brecha basáltica envolvendo todo o corpo do derrame, com fragmentos angulares de tamanhos muito variáveis, semelhantes às lavas tipo "aa". Km 362,5, BR-386.



Foto 20 - Detalhe de uma porção da brecha basáltica da foto anterior, predominando fragmentos de basalto amigdalóide sobre pedaços de basalto compacto.



Foto 21 - "Sheet" básico diferenciado, destacando-se a "estratificação" horizontal grosseira e veios pegmatíticos discordantes km 431,2, BR-386.



Foto 22 - Detalhe da foto ao lado, com um "dique" pegmatítico, contendo quartzo e celadonita em contato gradacio-
nal com a rocha hospedeira.



Foto 23 - Dique basáltico microvesicula-
lar e vítreo, cortando a base da zona
amigdalóide do derrame nº6. SC-472, Km 3.
Itapiranga.



Foto 24 - Dique (ou sill) arenítico
"intrusivo" na zona vesículo-amigdaloi-
dal de um derrame basáltico. A 7 km pa-
ra sul de Basílio da Gama. Palmitinhos



Foto 25 - Depósitos de ametista localizados sempre na base de uma zona microvesicular, muito fraturada (A₂). I - arenito inter-derrame; A₁ - basalto amigdalóide. São Gabriel. Planalto.



Foto 26 - Geodos de calcedônia, revestidos de uma capa externa de celadonita, com cristais de ametista e quartzo. Forma elíptica mais desenvolvida no plano vertical.



Foto 27 - Solo tipo A/C , muito delgado , formado de fragm. de basalto intemperizado com "línguas" de material argiloso. Predomina na área de estudo. Nesta foto desenvolvido sobre zona "dobrada" de diaclasamento horizontal. Esquina Colorada. Tenente Portela.

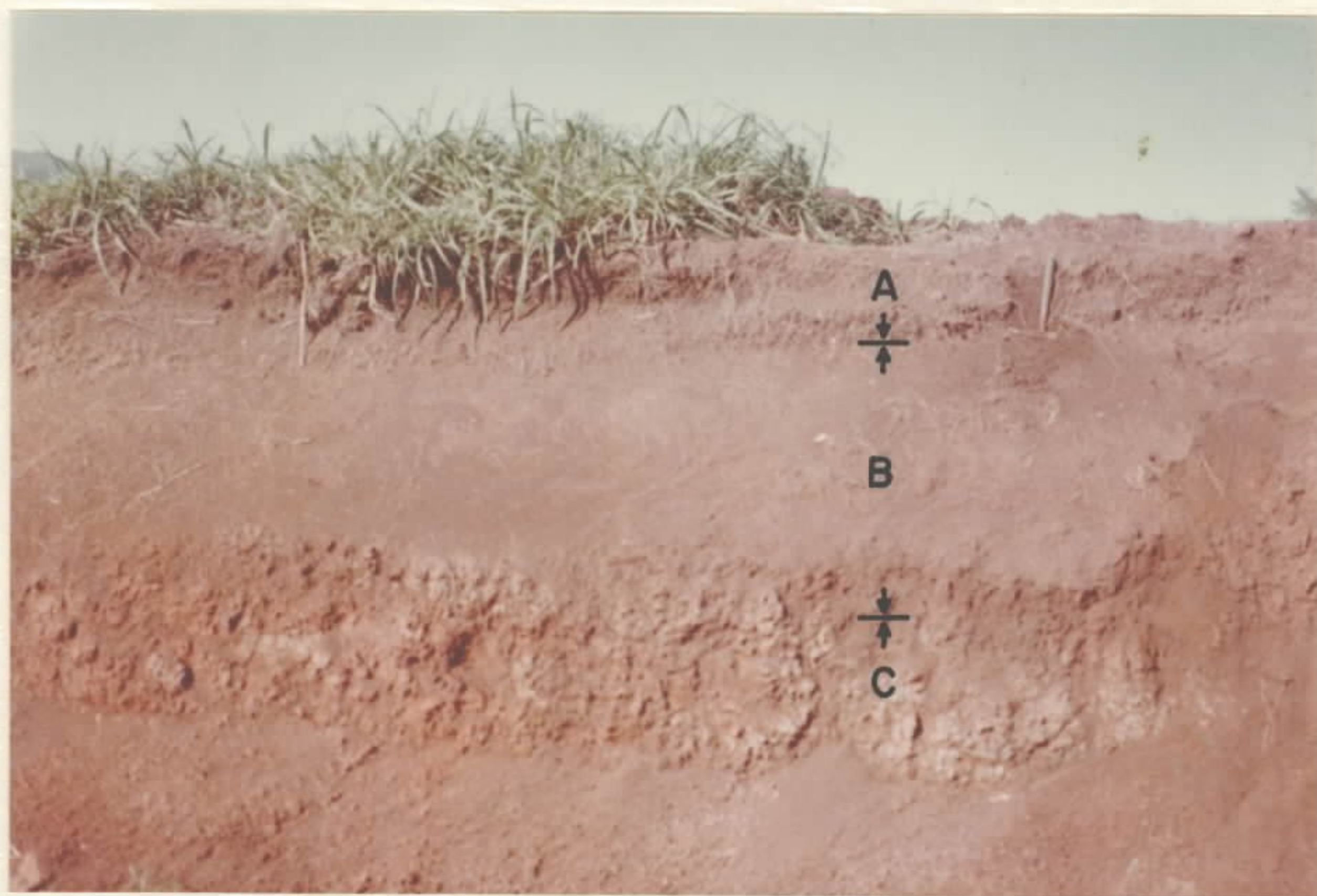
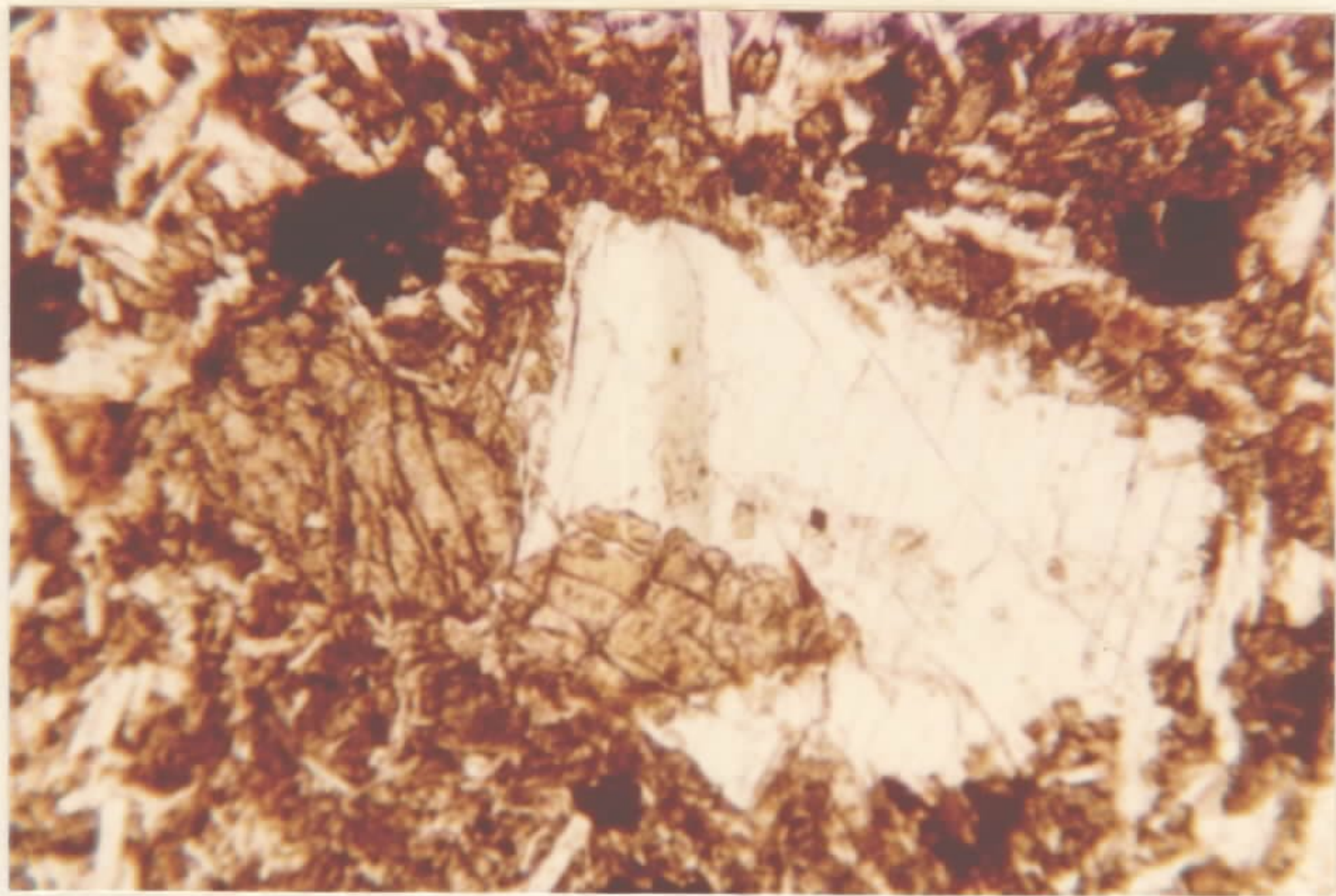
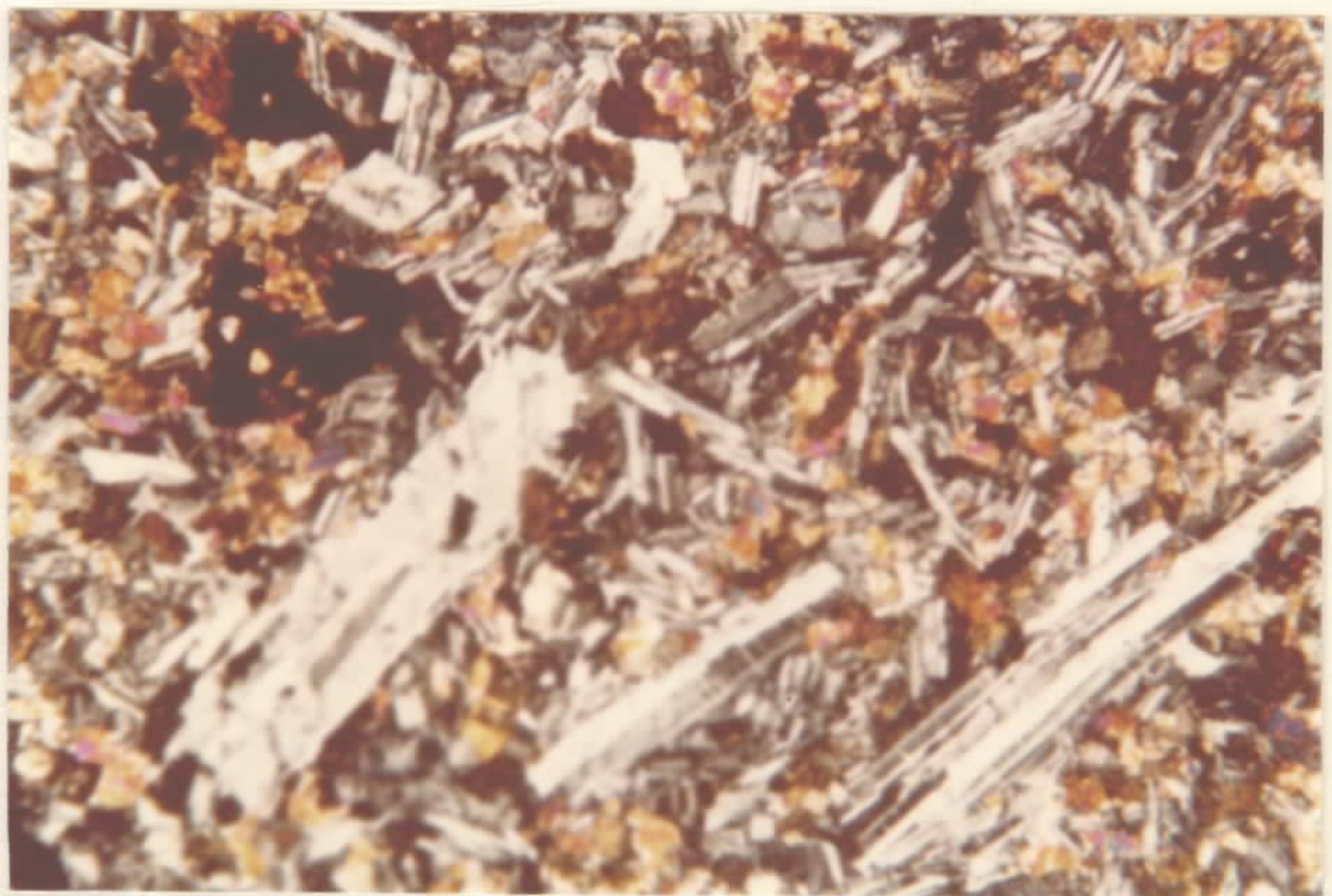


Foto 28 - Solo relativamente bem desenvolvido , com todos os horizontes , presente apenas nas porções topográficas plano-altas. Flor da Serra. Tenente Portela.



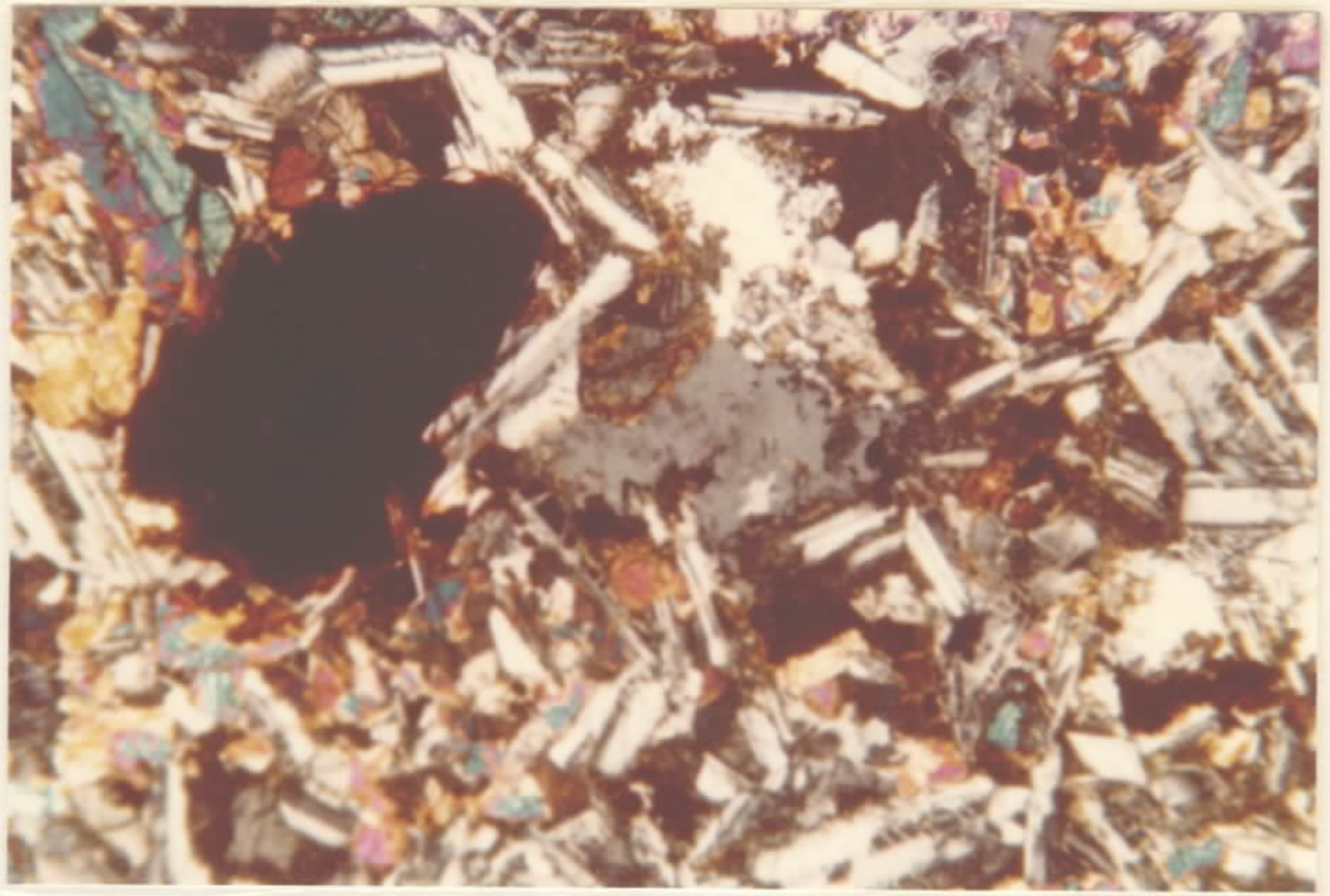
0 0,5mm

FOTOMICROGRAFIA 1 - Microfenocristais de plagioclásio e de piroxênio-monoclínico com tendência a glomeropôrfiros, em matriz basáltica fina (LN). Basalto com cobre em vesículas do derrame nº 11 de Vista Alegre. Frederico Westphalen (ES-R-34).



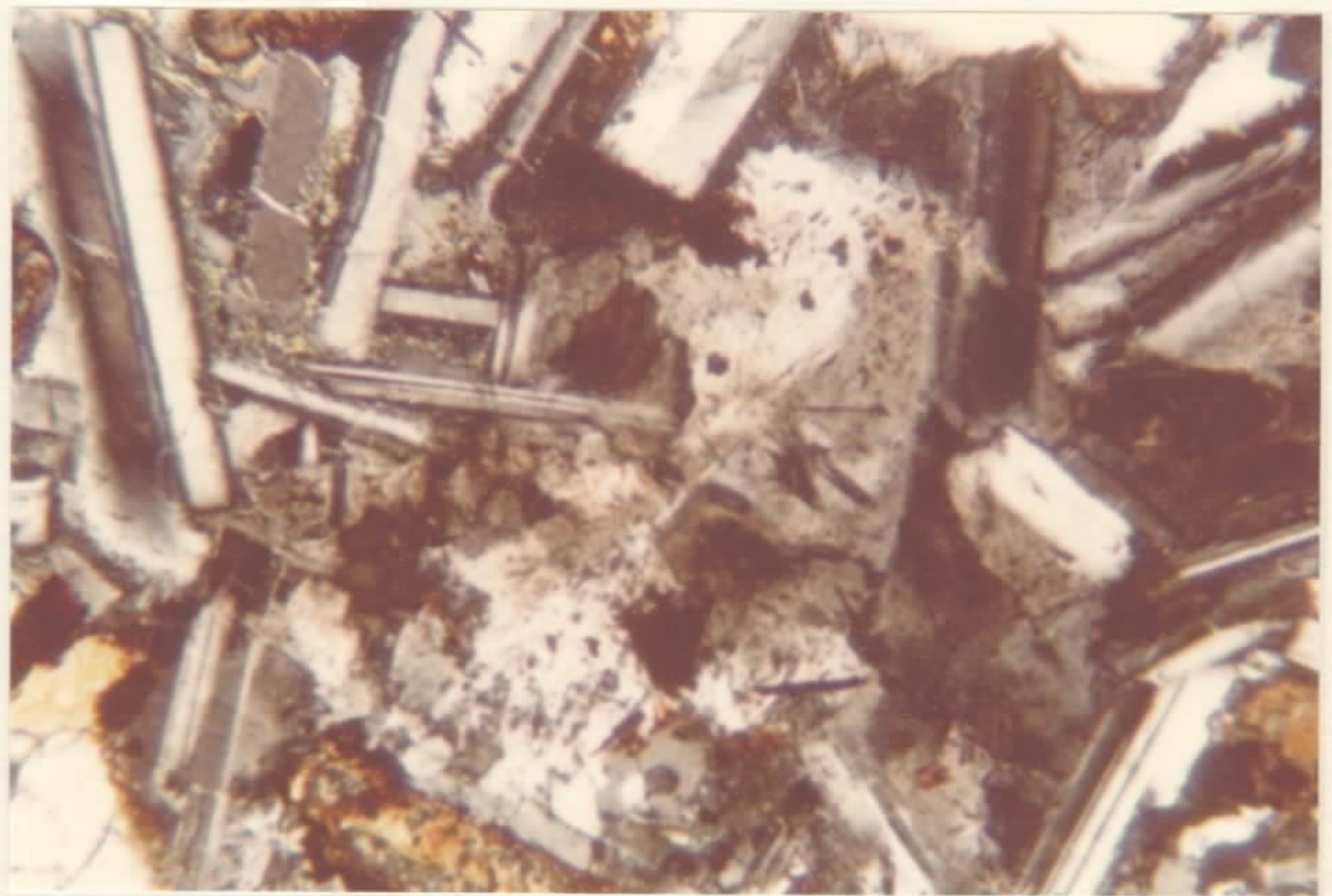
0 1mm

FOTOMICROGRAFIA 2 - Microfenocristais de plagioclásio subparalelos e maclados em matriz intergranular de plagioclásio, clinopiroxênio e opacos (NC). Basalto com cobre nativo em fraturas e disseminado. Macaco Branco. Itapiranga (ES-R-13).



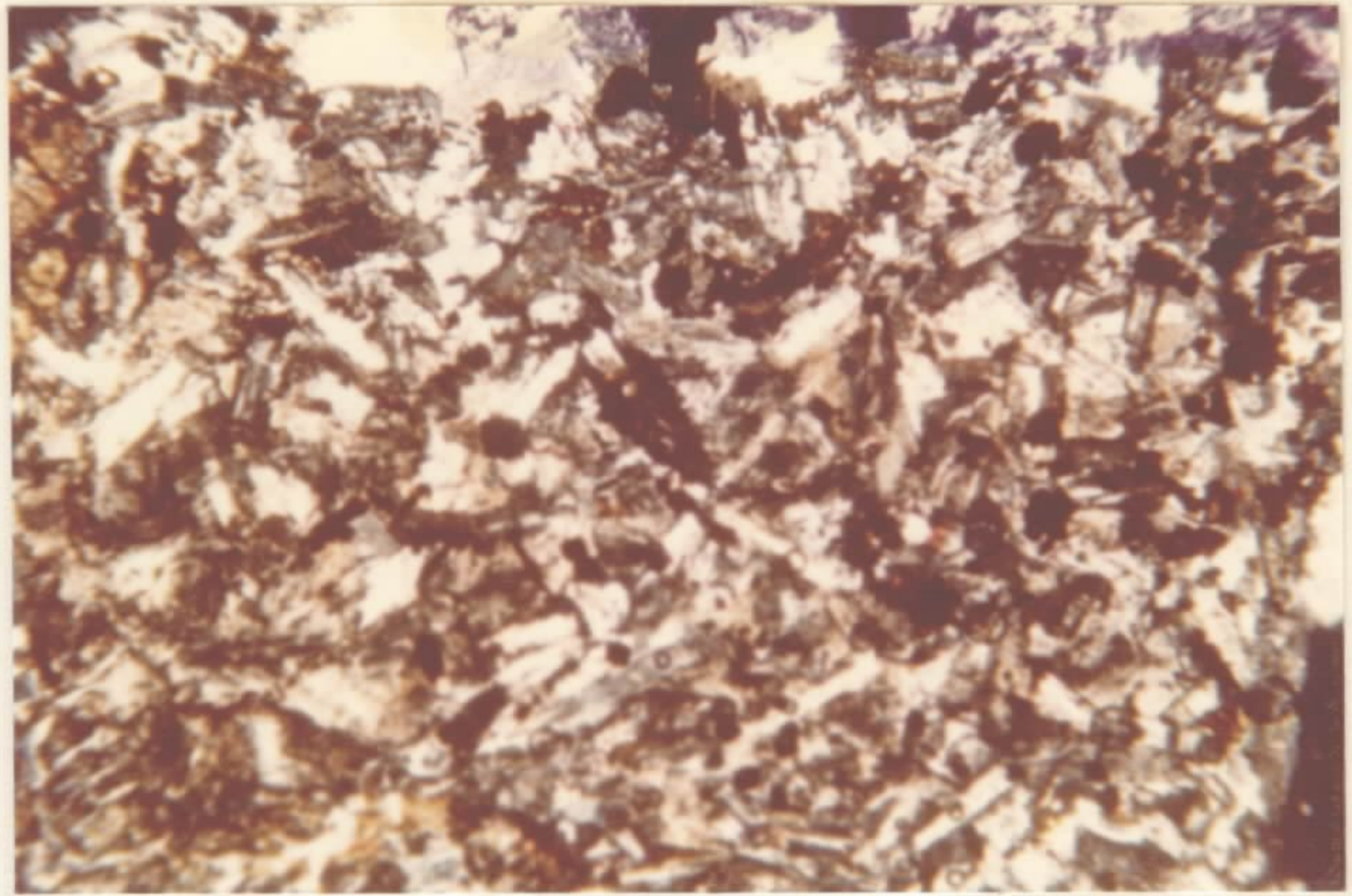
0 1mm

FOTOMICROGRAFIA 3 - Basalto com textura subofítica a intergranular com plagioclásios (maclados), clinopiroxênios e opacos e um cristal de quartzo (cinza), à direita do microfenocristal de opaco (NC). Arroio Sociedade. Tenente Portela (ES-R-17).



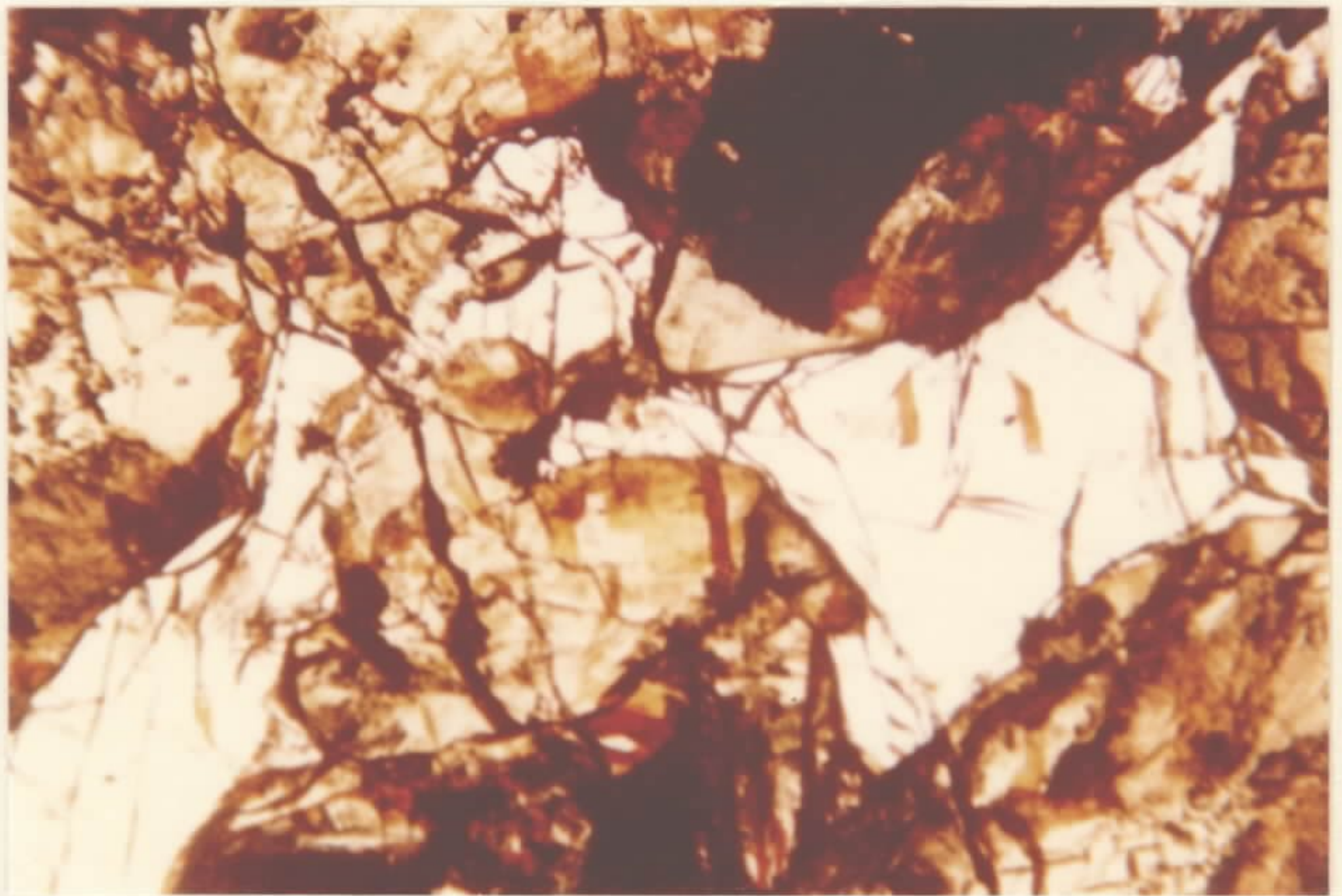
0 0,5mm

FOTOMICROGRAFIA 4 - Destaque para a textura micrográfica na parte central, aparecendo ainda plagioclásios maclados, clinopiroxênios e opacos (NC). Basalto do derrame nº 2 de Aparecida. Itapiranga (ES-R-26).



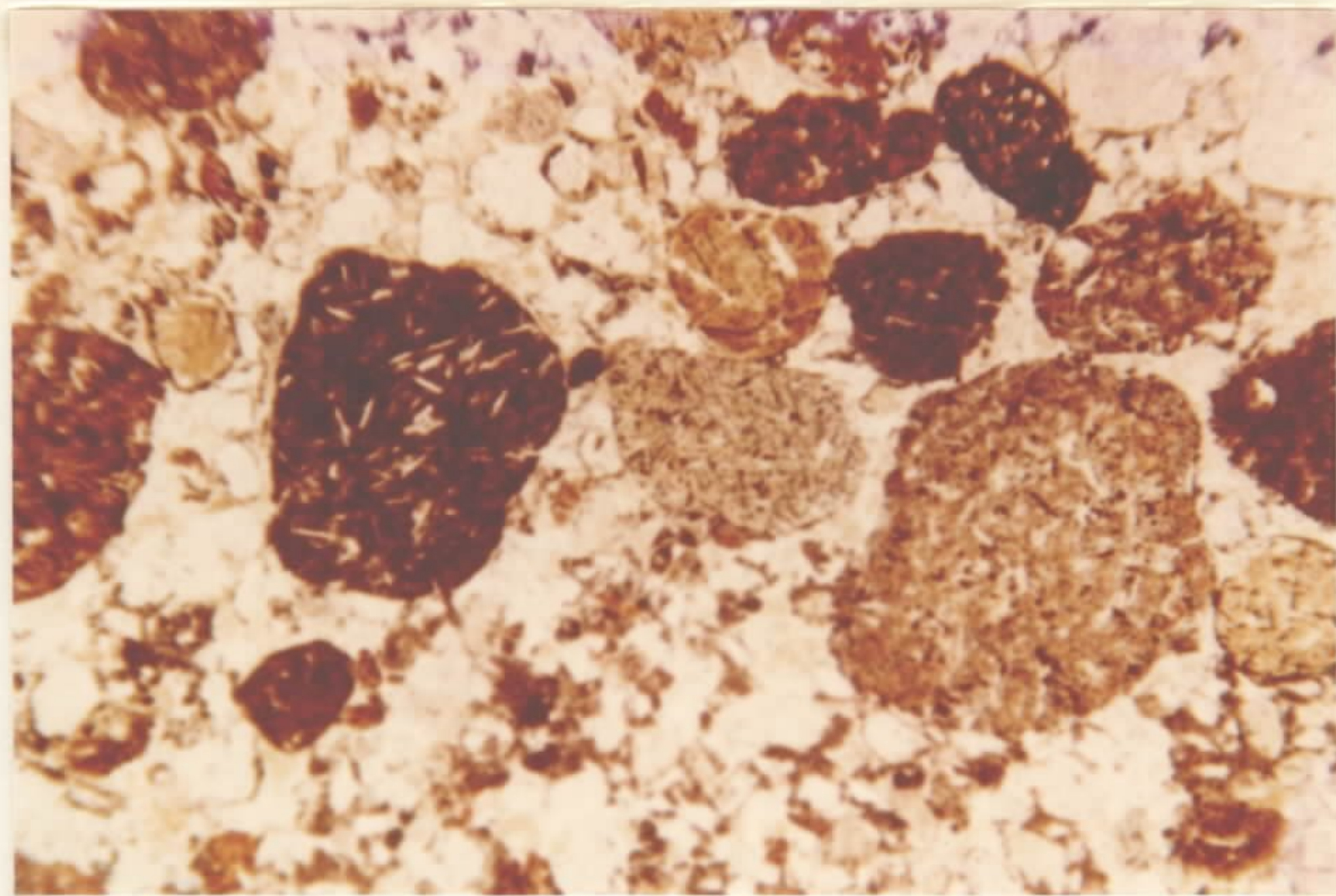
0 1mm

FOTOMICROGRAFIA 5 - Matriz fina essencialmente quartzo-feldspática com predomínio de plagioclásio (NC). Completa-se na fotomicrografia abaixo. Fase pegmatítica de basalto ou sheet básico diferenciado. São Judas Tadeu. Frederico Westphalen (ES-R-24).



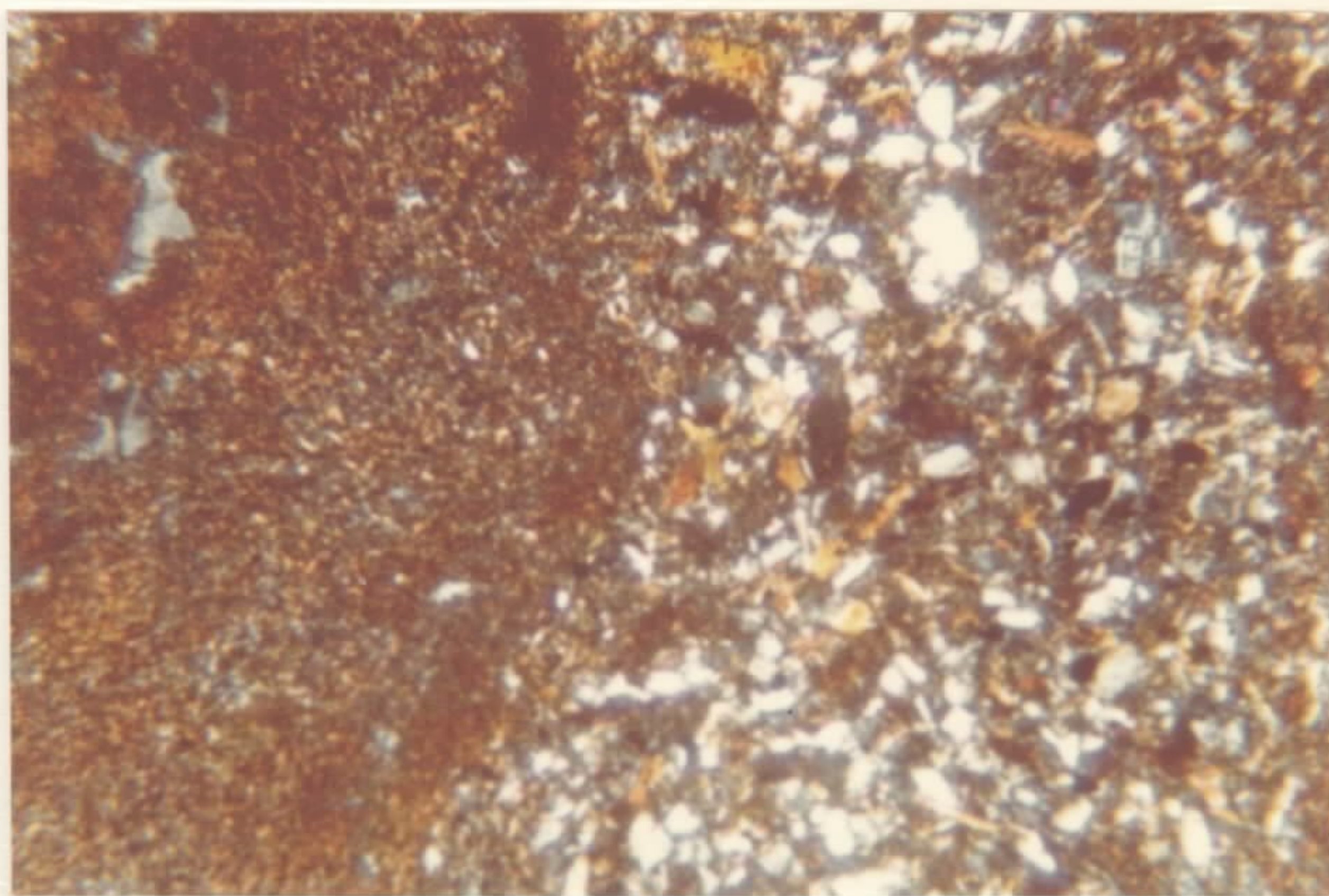
0 1mm

FOTOMICROGRAFIA 6 - Textura glomeroporfírica dominante nesta rocha (idem anterior) com glomeropórfiros de plagioclásio, clinopiroxênios e opacos (LN).



0 1mm

FOTOMICROGRAFIA 7 - Arenito médio a grosseiro, grãos bem arredondados e média esfericidade de basalto hipocristalino. Os grãos menores são principalmente de quartzo (LN). Km 420, BR-386 (ES-R-44).



0 0,5mm

FOTOMICROGRAFIA 8 - Arenito fino com bandas sílticas, grãos mal arredondados de quartzo e de minerais filitossos (NC). Fragmentos de arenito de brecha vulcânica mista. Arroio Sociedade. Tenente Portela (ES-R-16).