

NÃO CIRCULA

GEOLOGIA DA MINA DO PAQUEIRO (chumbo) / PR

EDUARDO CAMILHER DAMASCENO

DEDALUS - Acervo - IGC



30900008171



Tese de doutoramento apresentada à Cadeira de
Prospecção e Aerofotogeologia da Faculdade de
Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de
São Paulo

1967

ver mapa nº 2 e 1

ÍNDICE

RESUMO	v
I - INTRODUÇÃO	1
II - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	3
III - FISIOGRAFIA	4
IV - AGRADECIMENTOS	4
V - GEOLOGIA REGIONAL	5
1. Rochas carbonáticas	5
a. calcários	5
b. calco-xistos	6
2. Rochas xistosas	8
3. Rochas arenosas e conglomeráticas	8
4. Anfibolitos	9
5. Rochas ácidas	9
6. Rochas básicas	11
7. Estruturas	11
8. Metamorfismo	12
VI - GEOLOGIA LOCAL	13
1. Litologia	13
a. calcários	13
b. intercalações xistosas	14
c. diques básicos	14
d. veios de quartzo e calcita	15
2. Estruturas	16
VII - DESCRIÇÃO DA MINA DO PAQUEIRO	16
1. Afloramentos de minerais de chumbo	16
2. Trabalhos subterrâneos	18
3. Geometria dos filões	19
4. Produção e reservas	22
5. Descrição do minério	24
6. Mineralogia	27
a. minerais hipógenos	27
galena	28
pirita	28
calcopirita e arsenopirita	30
esfalerita	32

b. minerais supérgenos	32
limonita	32
cerusita	32
piromorfita	33
covelina	33
malaquita	33
c. minerais de ganga	33
7. Zoneamento	35
8. Alteração de paredes	36
9. Contrôles da mineralização	38
VIII - CLASSIFICAÇÃO DO DEPÓSITO DO PAQUEIRO	40
IX - ORIGEM DA MINERALIZAÇÃO	41
1. Composição isotópica do chumbo	41
2. Provável gênese dos depósitos minerais de chumbo do distrito do vale do Ribeira	46
X - PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA	48
1. Prospecção geoquímica em solos	48
a. amostragem	49
b. preparação das amostras para dosagem	53
c. métodos analíticos	53
colorimetria	54
espectrometria de raios X	54
2. Prospecção geoquímica em rochas	57
3. Resultados obtidos	59
XI - POSSIBILIDADES FUTURAS DA MINA DO PAQUEIRO	60
XII - CONCLUSÕES	62
XIII - BIBLIOGRAFIA	65

ÍNDICE DAS ILUSTRAÇÕES

Figuras:

1 - Mapa de localização da mina do Paqueiro	3
2 - Fotografia de calcário escuro com veios de calcita	7
3 - Fotografia de afloramento do filão	7
4 - Mapa de geologia regional	10
5 - Secção geológica ao longo do perfil P-4	17
6 - Bloco diagrama do filão Bis	20
7 - Secções perpendiculares a direcção do filão Bis	23
8 - Esquema mostrando o contato entre filão e encaixantes	25
9 - Fotografia mostrando o fraturamento das encaixantes e filão de galena	25
10 - Fotografia mostrando as relações entre pirita e galena no minério	29
11 - Fotografia mostrando relações entre pirita e galena	29
12 - Fotografia mostrando inclusões de galena em pirita	31
13 - Fotografia mostrando aspecto geral do minério	31
14 - Fotografia mostrando cerusita e piromorfita	34
15 - Fotografia mostrando as relações entre cerusita e galena	34
16 - Esquema de zoneamento do filão Bis	36
17 - Fotografia mostrando zoneamento entre pirita e galena	37
18 - Fotografia mostrando aspecto da alteração das paredes	37
19 - Gráfico mostrando a variação da composição química dos calcários encaixantes	39
20 - Mapa de localização das jazidas amostradas para estudo de composição isotópica	43
21 - Curva de Pb "conforme"	44
22 - Gráfico mostrando a variação na espessura do solo	48
23 - Gráfico mostrando a variação dos teores de Pb com a profundidade em áreas de anomalias baixas	49
24 - Gráfico mostrando a variação dos teores de Pb com a profundidade em áreas de anomalias altas	50
25 - Gráfico mostrando extensão de anomalias geoquímicas de Pb de contraste 16 X	51
26 - Gráfico mostrando extensão de anomalias geoquímicas de Pb de contraste 28 X	52

27 - Curva da intensidade de fluorescência de raios X em função do teor em Pb	56
28 - Gráfico mostrando anomalia geoquímica de Pb em solos e em calcários	58

Tabelas

I - Produção de chumbo do Grupo Plumbum do vale do Ribeira	1
II - Produção de chumbo da mina do Paqueiro	24
III - Composição química do minério do Paqueiro	26
IV - Composição mineralógica provável do minério do Paqueiro	26
V - Análises espectrográficas de galena	30
VI - Relações isotópicas e idades Pb/Pb	45
VII - Comparação entre resultados obtidos por colorimetria e espectrometria de raios X na dosagem de Pb	55
VIII - Resultados de dosagem de Pb em rochas	57

Anexos

Mapa 1 - Mapa topográfico e geológico da mina do Paqueiro, com os resultados de prospecção geoquímica	
Mapa 2 - Mapa topográfico e geológico da mina Paqueiro I, mostrando os trabalhos subterrâneos,	

RESUMO

GEOLOGIA DA MINA DO PAQUEIRO

A mina de chumbo do Paqueiro, situa-se no Estado do Paraná, a 17 km da cidade de Adrianópolis, a 130 km de Curitiba e a 380 km de São Paulo por estrada de rodagem.

Essa jazida contribui modestamente na produção de chumbo e prata do distrito mineral do vale do rio Ribeira, sendo amé dia mensal, durante 1966, de 210 t a 11,6% Pb. As reservas totais são estimadas em 1.500 t de chumbo. O teor em Ag é da ordem de 250 gr por tonelada de chumbo metálico produzido.

As finalidades principais desse trabalho são o estudo das rochas encaixantes, das estruturas, da forma e da mineralogia dos filões e a discussão da provável gênese e idade da mineralização. Vizando localizar novos indícios de minerais de chumbo foi efetuada pesquisa de prospecção geoquímica em solos e rochas na área do Paqueiro.

7 O embasamento da região é constituído predominantemente por sedimentos do Grupo Açungui, incluindo calcários, dolomitos, calco-xistos, anfibolitos, filitos e metarenitos. As rochas intrusivas são granitostipo Pirituba e diques básicos, orientados segundo $N40^{\circ}W$. As estruturas da área estudada orientam-se predominantemente NE-SW, com mergulhos variáveis.

A mina do Paqueiro é constituída por dois filões subparalelos, denominados "I" e "Bis", separados horizontalmente entre si de 25 m, discordantes cêrca de 20° dos calcários escuros encaixantes. Ambos os filões são conhecidos por 45 m na vertical prolongando-se até profundidade desconhecida. A extensão do filão I é de 30 m, enquanto a do Bis é de 60 m, aproximadamente. A espessura média de ambos é de 1 m. A atitude geral da mineralização é de $N60^{\circ}E$, com mergulhos acima de 70° para SE ou NW. A sua maior dimensão apresenta um caimento de $50^{\circ}E$. Esses filões constituem depósitos de substituição, localizados em fratura provávelmente falhada antes da mineralização. Tôda a mina desenvolve-se na zona de oxidação.

A composição mineralógica dos filões é a seguinte: galena, pirita, calcopirita, esfalerita e arsenopirita, como primários;

limonita, cerusita, piromorfita, covelina e malaquita, como minerais oxidados; ganga de quartzo e carbonatos. Essa associação mineralógica é tipicamente mesotermal. Foi observado zoneamento de minerais, especialmente pirita nas bordas e galena no centro do filão.

A alteração de paredes é representada principalmente pela silicificação e dolomitização das encaixantes além de recristalização e fraturamento.

A idade do chumbo da mina do Paqueiro e de outras jazidas da região, calculada pela composição isotópica desse elemento, em amostras de galena, é de 1.100 m.a. As diferenças entre as idades do chumbo e dos granitos, cêrca de 510 m.a. (K/Ar), não permitem sustentar a filiação da mineralização a essas rochas intrusivas. Esses novos dados permitem sugerir hipótese singenética ou a derivação da mineralização de uma fonte desconhecida. Não pode ser excluída, contudo, a possibilidade de ter ocorrido remobilização e concentração do chumbo durante o metamorfismo e intrusão dos granitos. A fonte do Pb deve ter sido homogênea e comum as várias jazidas estudadas, exceto à ocorrência de Itapirapuã, cuja idade Pb/Pb concorda com a dos granitos associados. A idade do Pb dessa ocorrência, entretanto, pode ser anômala.

A prospecção geoquímica demonstrou, mais uma vez, a sua importância em pesquisas de jazidas tendo sido localizados dois novos indícios de minerais de chumbo de interesse econômico. Os resultados obtidos na dosagem do Pb em solos por espectrometria de raios X e a prospecção geoquímica em rochas, embora ainda em fase experimental, demonstraram a possibilidade da sua aplicação na região.

I - INTRODUÇÃO

Desde o século passado numerosas investigações geológicas têm sido realizadas na região do vale do rio Ribeira de Iguape, versando em grande parte sobre as ocorrências minerais (Knecht, 1929, 1934, 1938 e 1939; Guimarães e Barbosa, 1946; A. Oliveira, 1936; Freitas, 1946; Leonardos, 1934; Moraes Rêgo, 1930). São conhecidas nessa região mais de sessenta ocorrências de minerais de chumbo e zinco (Melcher e Johnson, 1956), todas encaixadas em calcários do Grupo Açungui (Derby, 1878; E. Oliveira, 1916).

A mina do Paqueiro pertence ao distrito mineral do rio Ribeira de Iguape, que compreende área de aproximadamente 1.200 km², situado na região limítrofe entre os Estados de São Paulo e Paraná. Até 1961 esse distrito foi o maior produtor de chumbo do país, com minério proveniente em sua quase totalidade das minas de Panelas, Furnas e, mais recentemente, do Ribeirão do Rocha e Lageado. Na Tabela I encontram-se relacionadas as produções das jazidas do grupo PLUMBUM, no período compreendido entre 1962 e 1966.

TABELA I

Produção de minério de chumbo da PLUMBUM no Vale do Ribeira					
	1962	1963	1964	1965	1966
PANELAS					
Minério bruto (t)	48.800	40.200	40.900	33.100	36.800
Teor	5,9%	5,1%	5,3%	5,0%	5,6%
ROCHA E BASSETTI					
Minério bruto (t)	23.800	27.700	27.500	45.600	47.700
Teor	6,3%	4,7%	4,9%	6,1%	5,7%
LAGEADO					
Minério bruto (t)	-	1.400	2.000	1.200	1.400
Teor	-	6,5%	5,3%	7,4%	7,9%
Total concentrado (t)	8.180	7.160	6.440	8.310	8.600
Teor	48,7%	47,2%	52,6%	51,5%	53,5%

A jazida do Paqueiro contribui modestamente na produção do distrito sendo a média mensal, durante 1966, de 210 toneladas a 11,6% Pb. Suas reservas totais são estimadas em 1.500 toneladas de chumbo contido.

Os primeiros indícios de minerais de chumbo na região denominada Onças, atualmente mina do Paqueiro, foram descobertos em 1952. Em 1953, iniciou-se exploração rudimentar a céu aberto. Morer (1952) e Cassedane (1954, 1956) descreveram resumidamente a geologia e mineralogia dos dois afloramentos de minerais de chumbo existentes. Ambos consideraram a ocorrência interessante do ponto de vista econômico, embora na época o local fôsse de difícil acesso. Posteriormente, Melcher e Johnson (1956), referem-se à ocorrência do Paqueiro, fazendo breve descrição das rochas encaixantes, dos afloramentos de minerais de interesse econômico e dos trabalhos de pesquisas até então realizados.

Em 1957 os proprietários da mina do Paqueiro associaram-se à PLUMBUM S/A, que passou a explorar a jazida. A partir dessa data, a exploração do depósito mineral tornou-se mais racional, tendo sido feitos os primeiros mapas de superfície e dos trabalhos subterrâneos. Novas pesquisas foram executadas, visando aumentar as reservas provadas tanto nos filões em exploração como em outras ocorrências na mesma área. Nessa fase foi explorado o filão denominado Paqueiro I e pesquisados os filões Paqueiro II e Bis, além dos indícios denominados Paqueiro III, IV e V.

Embora as principais jazidas e ocorrências minerais do vale do rio Ribeira tenham sido descritas por vários autores, nenhum deles se dedicou ao estudo detalhado da mina do Paqueiro. Considerando a importância econômica e a necessidade de melhor conhecimento geológico das ocorrências de minerais de chumbo em nosso país, ainda deficiente nesse metal, surgiu o interesse do autor em estudar essa jazida. As finalidades principais desse trabalho são o estudo das rochas encaixantes, das estruturas, da forma e da mineralogia dos filões e a discussão da provável gênese e idade da mineralização.

Visando localizar novos indícios de mineralização e estudar a distribuição dos teores de chumbo com a profundidade, nas condições locais, foi efetuada pesquisa detalhada de prospecção geoquímica em solos e em algumas rochas. Esse método indireto de prospecção tem permitido localizar mineralizações em áreas cobertas por so-

lo e com raros afloramentos, como é o caso da região do Paqueiro.

Contando com a colaboração do Instituto de Energia Atômica de São Paulo e do Dr. Olavi Kuovo do Serviço Geológico da Finlândia, foi efetuado estudo da composição isotópica do chumbo da mina do Paqueiro e de outras jazidas e ocorrências desse distrito mineral (Damasceno, 1966).

Os trabalhos de campo foram executados em cerca de 50 dias, durante as férias escolares de 1965 e de 1966 e constaram de levantamento topográfico e geológico, a prancheta na escala 1:1.000 e equidistância das curvas de nível de 5 m, cobrindo a área de cerca de 340.000 m²; levantamento topográfico e geológico de cerca de 900m de galerias, chaminés e subníveis na escala de 1:250; seções geológicas ao longo das estradas e caminhos principais da região; e coleta de 1.200 amostras de solo para dosagem de chumbo.

II - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

A mina do Paqueiro situa-se a 17 quilômetros da cidade de Adrianópolis, no Estado do Paraná, a cerca de 130 km de Curitiba e 380 km de São Paulo, por estrada de rodagem. Suas coordenadas geográficas são: 49° Longitude W e 24°40' Latitude S.

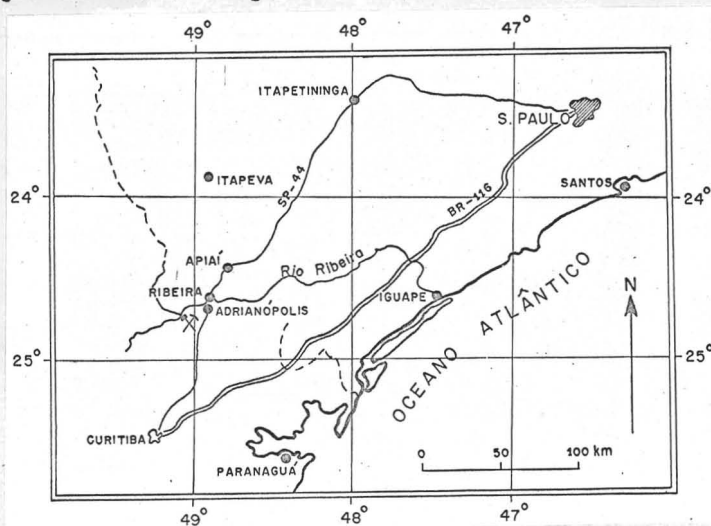


Figura 1 - Localização da Mina do Paqueiro

O acesso à jazida é feito pela estrada que demanda o Ribeirão do Rocha, a partir do ponto situado a 9 km ao sul de Adrianópolis, na antiga rodovia federal São Paulo-Curitiba.

III - FISIOGRAFIA

As imediações da jazida são drenadas pelo córrego do Paqueiro e pelo ribeirão das Onças, afluentes da margem direita do rio Ribeira. A drenagem condiciona-se ao acamamento e à xistosidade NE e às fraturas de direção NW (Figura 4).

A jazida do Paqueiro situa-se no vale do córrego do mesmo nome, entre as serras do Sumaré e da Boa Vista, integrantes da serra do Paranapiacaba. A galeria inferior da mina tem cota de 545 m. A crista da serra da Boa Vista, entre o Paqueiro e o Ribeirão do Rocha, tem pouco mais de 1.000 m de altitude. A crista da serra do Sumaré, também com cerca de 1.000 m, situa-se a 3 km, aproximadamente, do rio Ribeira, cuja cota é de cerca de 170 m, sendo portanto muito acidentado o relêvo da região.

As estruturas e diferenças litológicas refletem-se nitidamente na geomorfologia da região. Em áreas calcárias a topografia é kárstica: dolinas, grutas, estruturas de dissolução e drenagem subterrânea são bastante frequentes. Quartzitos e metarenitos constituem as cristas das serras mais altas. Vales escarpados, em forma de V, são comuns em áreas com predominância de xistos.

IV - AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Prof. Dr. Geraldo C. Melcher o estímulo e a orientação para a elaboração deste trabalho. À diretoria da EMPRESA DE MINERAÇÃO PAQUEIRO LTDA., especialmente aos Drs. José do Valle Nogueira Filho e Antonio Césio do Valle Nogueira, que colocou à disposição do autor as suas instalações na jazida do Paqueiro.

A todas as demais pessoas e instituições citadas no decorrer do trabalho, bem como aos colegas, funcionários e alunos da Faculdade que, direta ou indiretamente, nos auxiliaram nos trabalhos de campo e de laboratório, os nossos sinceros agradecimentos.

V - GEOLOGIA REGIONAL

O embasamento da região estudada é constituído predominantemente de metassedimentos do Grupo Açungui, incluindo calcários, dolomitos, calco-xistos, filitos e metarenitos, ocorrendo também lentes de anfibolitos. As rochas intrusivas são granitos, diques básicos e nefelina-gabro. Dentre as rochas metassedimentares predominam os tórmos pelíticos.

O mapa de geologia regional (Figura 4) foi compilado de Melcher (1956), parcialmente publicado pela Comissão da Carta Geológica do Estado do Paraná, em 1965. Algumas modificações foram introduzidas nesse mapa, através de observações efetuadas nas estradas e caminhos da região. Alguns dos contatos litológicos são gradacionais e, em certos locais, torna-se difícil determinar a sua exata posição, especialmente entre rochas carbonáticas e xistos. Além disso, o número de afloramentos não é suficiente para observações muito detalhadas. Conseqüentemente, os contatos representados na Figura 4 são apenas aproximados.

1. Rochas carbonáticas

Rochas carbonáticas, incluindo calcários, dolomitos e calco-xistos, são bastante comuns no Grupo Açungui e foram estudadas principalmente por Guimarães (1952) e Bigarella (1956). Constituem as encaixantes dos minérios de chumbo e zinco da região.

a) calcários

Sob a denominação genérica de calcários estão incluídos calcários, calcários dolomíticos e dolomitos. Esse fato é confirmado pelas relações MgO/CaO calculadas a partir de seis análises químicas dessas rochas (Leprevost, 1946) da região do Ribeirão do Rocha. Os valores obtidos para essa relação variam de 0,10 a 0,61 e indicam a predominância de dolomitos e calcários dolomíticos (Pettijohn, 1949). Ocorrem, entretanto, calcários puros e tórmos intermediários.

Os calcários da região têm coloração cinza-escura, às vezes azulada, causada por grafita finamente dispersa entre os

cristais de calcita (O. Barbosa, 1941; Coutinho, 1953). Segundo Leprevost (1946), o conteúdo de carbono grafítico em calcários da região de Cerro Azul varia de 0,15 a 4,97%.

Os principais constituintes dos calcários são: calcita, dolomita, pirita, quartzo, sericita, limonita e clorita. A granulação desses minerais é microscópica; em algumas amostras distinguem-se macroscopicamente apenas cristais idiomórficos de pirita, com alguns milímetros de diâmetro. A limonita substitui a pirita ou constitui manchas irregulares na superfície dos carbonatos. O quartzo, em cristais xenomorfos, constitui vênulas ou cordões ao longo da estratificação dos calcários e ocorre sempre associado à pirita.

Calcários de estratificação fina, com transição para calco-xistos, ocorrem na vertente noroeste da serra do Sumaré e no ribeirão do Rocha. São constituídos de leitos alternados de calcário puro e material xistoso. As intercalações de material xistoso têm espessura variável desde alguns centímetros até mais de 1 m.

Os calcários são cortados por veios de calcita e de quartzo, sem direção preferencial definida. Os veios de calcita dispõem-se também paralelamente ao acamamento dos calcários (Figura 2). Manchas irregulares de calcita, constituídas de cristais com dimensões centimétricas, ocorrem nas proximidades do ribeirão das Onças e na barra do ribeirão do Rocha.

A única informação sobre a origem desses calcários foi sugerida por Bigarella (1956). Considera esse autor os calcários do Grupo Açungui como depósitos de ambiente nerítico, de origem mista orgânica-inorgânica.

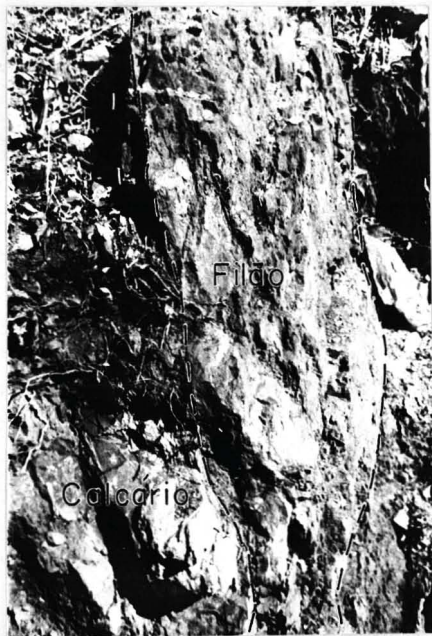
b) calco-xistos

A distinção precisa entre calco-xistos e xistos contendo carbonatos é difícil de ser estabelecida; nem sempre é possível verificar sob o microscópio o conteúdo exato em carbonatos. São rochas de granulação muito fina, de textura lepidoblástica. Os componentes principais são: carbonatos, quartzo, muscovita e ou sericita, epidoto, limonita e pirita. O carbonato predominante é calcita. O quartzo exhibe extinção ondulante. A denominação mais correta para a maioria dessas rochas seria quartzo-carbonato-muscovita xisto, com predominância ora de quartzo, ora de carbonato.



0 ————— 3 cm

Figura 2 - Veios de calcita branca concordantes com a estratificação de calcários escuros. Paqueiro II, nível 580 m.



0 ————— 0,5m

Figura 3 - Filão mineralizado de chumbo aflorando na superfície. Esse afloramento, anteriormente coberto por regolito, foi localizado por prospecção geoquímica.

2. Rochas xistosas

As rochas xistosas predominantes na região são filitos. Em alguns locais ocorrem quartzo-muscovita xistos, como no vale do ribeirão das Onças.

Os filitos têm cores variadas; cinza-claro e escuro, roxa e avermelhada. Adquirem, freqüentemente, cores avermelhadas pela alteração intempérica. Bigarella (1956) considera a grafita de origem orgânica como responsável pela coloração cinza dos filitos. A estratificação dessas rochas pode ser notada macroscôpicamente pela alternância rítmica de leitos mais escuros, constituídos de sericita e ou muscovita, e leitos mais claros onde predomina o quartzo; êsses leitos têm espessuras de 3 a 5 mm.

Sua granulação é extremamente fina. Ao microscópio, verifica-se que os constituintes principais são sericita e quartzo. Os minerais opacos mais comuns são pirita e limonita. Melcher (1956) menciona grafita, rutilo, apatita e magnetita como acessórios dos filitos do Grupo Açungui, no vale do Ribeira. A textura é lepidoblástica.

Os filitos passam gradualmente a quartzo-muscovita xistos e calco-xistos.

3 - Rochas arenosas e conglomeráticas

Metarenitos, denominados genêricamente de quartzitos por vários autores (O. Barbosa, 1941), ocorrem nas cristas das serras do Sumaré e da Boa Vista. Constituem estratos de espessura variável; na serra do Sumaré, num corte da estrada do Ribeirão do Rocha, aflora um estrato de metarenito com espessura de 20 m, aproximadamente, com camadas intercaladas de conglomerados.

A coloração dessas rochas varia do branco ao vermelho, causada por limonita finamente disseminada entre os grãos de quartzo.

O quartzo é o componente principal, ocorrendo em grãos com diâmetros de 0,5 a 3 mm, pouco arredondados e mal selecionados. Sericita e ou muscovita, e limonita, substituindo pseudomôrficamente pirita ou magnetita, são os componentes restantes. Outros autores (O. Barbosa, 1941; Melcher, 1956) citam a ocorrência de zir-

ção e de feldspatos no vale do Ribeira, minerais não observados na área estudada. Os cristais de quartzo exibem extinção ondulante e apresentam-se fraturados, sem evidências de recristalização.

Leitos conglomeráticos, com numerosos grãos maiores que 4 mm, ocorrem associados aos metarenitos que afloram na crista da serra do Sumaré.

Blocos rolados de metaconglomerados constituídos de seixos de quartzo, com diâmetros de até 2 cm, foram encontrados no vale do ribeirão das Onças.

4. Anfibolitos

Lentes de anfibolito com espessura de algumas dezenas de metros ocorrem intercaladas nos metassedimentos, especialmente na parte NW da região estudada (Figura 4). Representam sills ou derames básicos anteriores ao metamorfismo regional (Moraes Rêgo e Almeida, 1946). Amostras de anfibolito do vale do ribeirão das Onças têm coloração esverdeada e granulação fina. Compõem-se essencialmente de hornblenda cloritizada e plagioclásio (An_{30-40}); os minerais acessórios e de alteração mais frequentes são: quartzo, pirita, limonita, clinozoisita, calcita e clorita.

5. Rochas ácidas

Com a denominação de granitos serão descritas rochas cuja composição varia de granito a granodiorito, intrusivas nos metassedimentos do Grupo Açungui, e denominadas "granitos tipo Pirituba" por Moraes Rêgo e Souza Santos, (1938) e O. Barbosa (1941). Coutinho (1953) notou a variação de composição desses "granitos", tendo encontrado no Grupo São Roque granodioritos e adamelitos.

No reconhecimento de campo realizado no vale do Ribeira notou-se variação no conteúdo de plagioclásio e de feldspatos potássicos. No km 330 da rodovia São Paulo-Ribeira, parece tratar-se de adamelito, com ligeira predominância de feldspatos potássicos. Próximo à barra do ribeirão do Rocha, a quantidade de microclina parece equivalente à de plagioclásio. Moraes Rêgo e Almeida (1946) classificaram como granito a rocha que constitui uma bossa que aflora na estrada para Curitiba, na localidade de José Fernandes. Os citados autores,

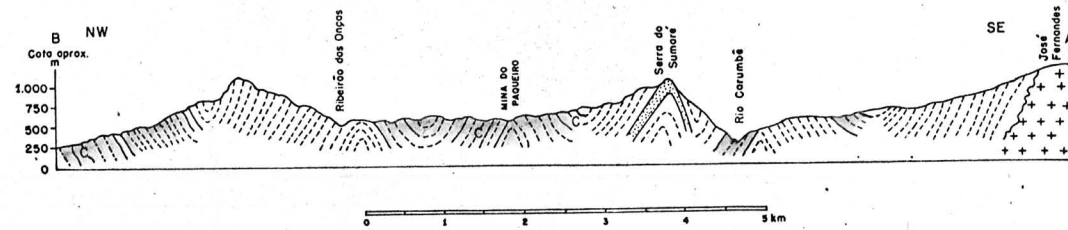
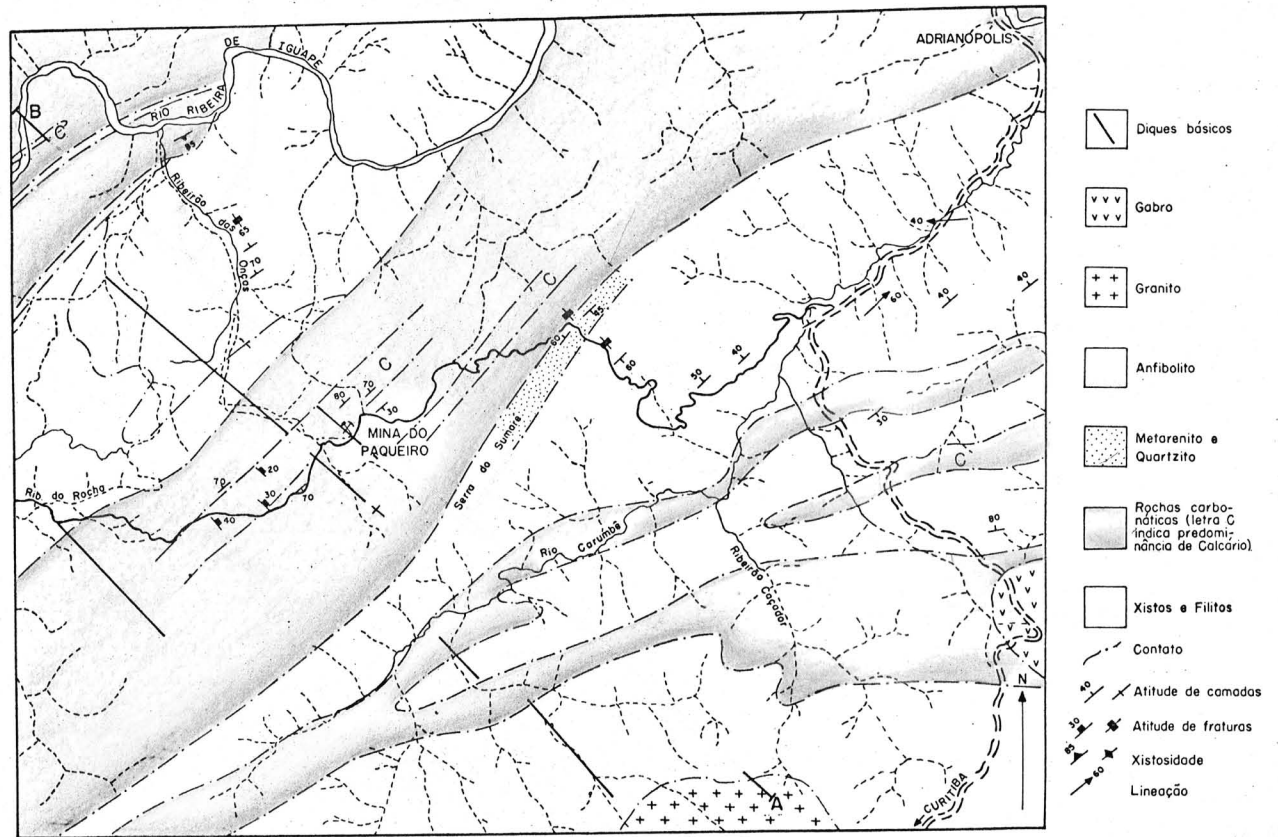


Fig. 4 - Mapa de Geologia Regional

descrevendo êsse granito, forneceram a seguinte composição modal: quartzo 38,8%; microclina 32,0%; albita-oligoclásio 24,1%; almandina (?) 2,9%; biotita, clorita, epídoto 2,1%; zircónita, apatita, 0,1%. Além desses minerais, ocorrem ainda, magnetita, pirita, titanita e epídoto.

A textura dos "granitos" é porfirítica granular, com fenocristais de microclínio, de cor rosa e dimensões de 3 a 4 cm no maior diâmetro. Devido ao intemperismo, ressaltam na superfície dos afloramentos. Na matriz, êsses minerais têm dimensões de 1 a 3 mm.

A maioria dos autores que estudaram a região (A. Barbosa, 1955 e 1956; O. Barbosa, 1941; Moraes Rêgo, 1930; Guara-nys e Velasco, 1949; Guimarães e Barboza, 1946) considera que as se l u ç õ e s hidrotermais responsáveis pela mineralização de chumbo e zinco derivam desses granitos.

6. Rochas básicas

Diques de rochas básicas são comuns no vale do rio Ribeira. A direção desses diques é de $N40^{\circ}-45^{\circ}W$, sendo geralmente subverticais. Sua espessura é variável, desde poucos centímetros até algumas dezenas de metros.

Um desses diques, que acompanha aproximadamente o vale do ribeirão das Onças (Figura 4), tem a seguinte composição mineralógica: plagioclásio (An_{50-70}), piroxênio (principalmente augita), quartzo, pirita e magnetita.

No km 119 da rodovia para Curitiba, aflora um corpo aproximadamente circular de nefelina-gabro, descrito anteriormente, por Moraes Rêgo e Almeida (1946), como monzonito.

7. Estruturas

As estruturas na área estudada orientam-se predominantemente na direção NE-SW, sendo os mergulhos variáveis, quase sempre fortes.

As estruturas sedimentares foram em grande parte preservadas devido ao baixo grau de metamorfismo regional.

O acamamento pode ser observado quando ocorrem v a r i a ç õ e s na composição ou granulação dos constituintes. E s p e c i a l m e n t e

te em xistos e filitos, nota-se macroscopicamente alternância de leitos mais escuros, constituídos de sericita e ou muscovita, e leitos mais claros, onde predomina quartzo.

A xistosidade dos metassedimentos é frequentemente paralela ao acamamento. Raramente é observada em calcários, enquanto nos xistos e filitos é causada pelo paralelismo de cristais de mica.

Os dobramentos regionais parecem ser tipo isoclinal (Figura 4), orientando-se os eixos e planos axiais segundo NE-SW. Pequenas dobras e corrugamentos podem ser observados especialmente em filitos.

As fraturas desenvolveram-se segundo dois sistemas: um de direção NE e outro, NW. O sistema que se orienta segundo $N40^{\circ}-45^{\circ}W$ é o predominante. O fraturamento de direção NW possibilitou a intrusão de diques de diabásio em todo o vale do Ribeira,

Falhas de importância regional não foram ainda descritas, mas provavelmente terão ocorrido durante o dobramento e arqueamento do escudo. Melfi e outros (1965) sugerem, no vale do Ribeira, vários lineamentos nítidos e retilíneos que poderiam representar falhas ou zonas de fraqueza sem deslocamento de blocos. Foram observadas falhas de pequeno rejeito, com direções próximas de $N40^{\circ}W$.

A atitude NE-SW, com mergulhos dirigidos predominantemente para NW, indica a direção dos esforços que metamorfixaram e dobraram os sedimentos do Grupo Açungui (O, Barbosa, 1941; Melcher, 1956).

Maack (1947) considerou duas épocas de dobramentos e intrusões ácidas no Grupo Açungui, correlacionando-as às orogenias huroniana e caledoniana.

Bigarella (1959) tentou determinar a estratigrafia do Grupo Açungui, no Estado do Paraná, admitindo a existência de discordâncias angulares, que seriam indicativas de três fases de diastrofismo.

8. Metamorfismo

O metamorfismo regional das rochas do vale do rio Ribeira foi pouco intenso, aumentando ligeiramente de norte para sul (Melcher, 1956). Na região estudada, o metamorfismo não foi suficiente para transformar os calcários em mármore. A associação minera-

lógica dos xistos e filitos evidencia fácies dos xistos-verdes.

Estruturas cataclásticas em minerais, especialmente fraturamento de quartzo e feldspato, e extinção ondulante são comuns nas rochas da região. Não foram notadas evidências de recristalização.

VI - GEOLOGIA LOCAL

As rochas predominantes nos arredores da jazida do Paqueiro são calcários, com delgadas intercalações de calco-xistos e filitos, além de diques básicos (Mapas 1 e 2).

Afloramentos de calcários são abundantes, tendo permitido a execução de medidas estruturais e o seu estudo em superfície. Nesses afloramentos é comum o desenvolvimento de caneluras que mascaram a estratificação dos calcários. Por outro lado, são raros os afloramentos de calco-xistos, filitos e rochas básicas. Blocos rolados de quartzo aparecem frequentemente em toda a área próxima à jazida do Paqueiro. A quase totalidade das informações geológicas sobre essas rochas provêm dos trabalhos subterrâneos onde podem ser observadas inalteradas, em sua verdadeira posição e em afloramentos extensos.

No Mapa 1, observa-se a existência de um único contato traçado entre a faixa de calcário maciço e a seqüência rítmica entre calcário, calco-xisto e filito, passando aproximadamente ao longo do vale do córrego do Paqueiro. Esse contato é aproximado, tendo em vista o exposto no Capítulo V. No mapa de trabalhos subterrâneos (Mapa 2), os contatos são mais exatos.

1. Litologia

a) calcários

A mina do Paqueiro situa-se numa faixa de rochas carbonáticas com cerca de 2.000 m de largura, orientada segundo N50°E. Nessa faixa de rochas carbonáticas, puderam ser determinadas duas lentes de calcários maciços com espessura aparentes de 250 a 500 m (Figura 4). A coloração dos calcários é cinza-escuro, às vezes azulada.

A composição mineralógica dessas rochas é a mesma

descrita no Capítulo anterior, notando-se apenas a presença de fluorita, de cor violeta, associada à calcita. A fluorita ocorre ao longo do acamamento em manchas irregulares e em cristais idiomorfos. A presença desse mineral nas proximidades do filão sugere a sua relação com a mineralização de chumbo. Os calcários encaixantes da jazida do Paqueiro são puros, com teores baixos de magnésio, sílica e alumínio (Figura 19).

Calcários bandeados, constituídos por faixas alternadas de calcita branca e de calcário cinza-escuro (Figura 2), são comuns nos arredores da mina do Paqueiro. A calcita apresenta-se em cristais bem individualizados idiomórficos com dimensões de 0,5 a 1 mm.

Num corte da estrada do Ribeirão do Rocha ocorre extensa faixa de "pseudo-travertino". É constituído quase que exclusivamente de calcita branca e apresenta estruturas de dissolução e de deposição recentes.

b) intercalações xistosas

As intercalações xistosas nos calcários constituem delgadas lentes concordantes, atingindo no máximo 3 m de espessura (Mapa 2). São constituídas por filitos e calco-xistos, que apresentam as mesmas características e composição mineralógica descritas no Capítulo V. Alguns estratos de calco-xistos, especialmente na galeria de cota 545 m, contêm grande quantidade de cristais cúbicos idiomórficos de pirita, às vezes alterados em limonita.

c) diques básicos

Diques de rochas básicas orientando-se na direção $N40^{\circ}W$, com mergulhos variando de $65^{\circ}NW$ a 90° foram observados cortando os calcários e a mineralização do Paqueiro. Um desses diques aflora na superfície (Mapa 1), enquanto os demais aparecem nas galerias da mina. Devido à intensa alteração torna-se difícil determinar a composição dessas rochas. Algumas amostras, entretanto, permitem identificar restos de plagioclásios, minerais máficos e limonita. Provavelmente, são diques de diabásio semelhantes ao observado ao longo do vale do ribeirão das Onças, descrito no Capítulo anterior.

A espessura dos diques básicos raramente ultrapassa 1 m. Um dos diques básicos seccionou a mineralização nos subníveis 570 e 580 m. Esse dique parece ter-se intrometido numa falha de direção $N40^{\circ}W$, pois apenas a sua espessura, cêrca de 1 m, não seria suficiente para explicar o rejeito horizontal de quase 3 m que sofreu o filão (Mapa 2). Além disso, podem ser notadas estrias nas paredes dos calcários, em contato com o dique, indicando movimento de direção $N40^{\circ}W$.

Os diques básicos são as únicas rochas de filiação magmática que ocorrem nos arredores da jazida estudada. As rochas graníticas mais próximas da mina do Paqueiro localizam-se a cêrca de 6 km a NW, representadas pela bossa de José Fernandes, descritas no Capítulo anterior (Figura 4). Os granitos da barra do ribeirão do Rocha situam-se a cêrca de 10 km dessa jazida (Figura 20).

d) veios de quartzo e calcita

Veios de quartzo são frequentes em tôda a área e ocorrem aparentemente sem orientação preferencial. A possança desses veios é de alguns centímetros. Sua presença foi notada tanto em calcários como em calco-xistos e filitos. Alguns desses vieiros, além de quartzo, contêm galena e pirita, evidenciando sua relação com a mineralização.

Veios de calcita, de coloração variada, contendo quartzo e fluorita, ocorrem preenchendo fraturas ou entre os planos de estratificação dos calcários (Figura 2). Os veios de calcita têm poucos centímetros de espessura, podendo, contudo, constituir manchas irregulares com até 2 m de diâmetro, fato observado nas galerias da mina Paqueiro II. Os grãos de calcita são predominantemente milimétricos, atingindo, às vêzes, 4 a 6 cm.

Nas encostas mais acentuadas é comum a presença de elúvio constituído, principalmente, por blocos de calcário. A possança desse elúvio é de 18 m, na encosta em que se localiza a galeria da mina Paqueiro II (Mapa 1).

2. Estruturas

A direção geral do acamamento dos calcários e da xistosidade de calco-xistos e filitos é $N60^{\circ}E$, com variações devidas ao dobramento. Os mergulhos são acentuados, acima de 70° , dirigido para SE ou NW.

A direção predominante das fraturas é $N40^{\circ}W$, com mergulhos frequentemente próximos a 90° . São preenchidas por material secundário, especialmente calcita e argila. O fraturamento, assim como a estratificação, pela sua regularidade e atitudes constantes, constituem as feições estruturais mais notáveis da região.

Foram notadas apenas falhas com pequenos rejeitos horizontais aparentes, atingindo no máximo 3 m, já descritas na página 15. Cassedane (1954) sugere a existência de uma falha, cuja expressão morfológica seria o vale tributário à direita do córrego do Paqueiro, entre as minas I e II. Existe realmente uma concordância de direção entre esse vale e o fraturamento predominante, fato que pode ser observado no Mapa 1. Entretanto, a existência dessa falha não foi comprovada.

O pacote de rochas carbonáticas que aloja a mina do Paqueiro apresenta-se dobrado em padrão isoclinal, às vezes mais apertadas em alguns locais (Figuras 4 e 5).

VII - DESCRIÇÃO DA MINA DO PAQUEIRO

A mina do Paqueiro é constituída por dois filões, de nominados "I" e "Bis", paralelos e separados horizontalmente entre si 25 m. A quase totalidade das observações relacionadas nesse trabalho foram obtidas no filão Bis, ainda em fase final de pesquisa e início de lavra. O filão I forneceu número restrito de informações, pois se encontra quase que totalmente lavrado, exceção feita a alguns pilares necessários à circulação e à segurança da mina.

1. Afloramentos de minerais de chumbo

Ocorrem na superfície dois afloramentos de minerais de chumbo, ambos do filão I. A observação desses afloramentos

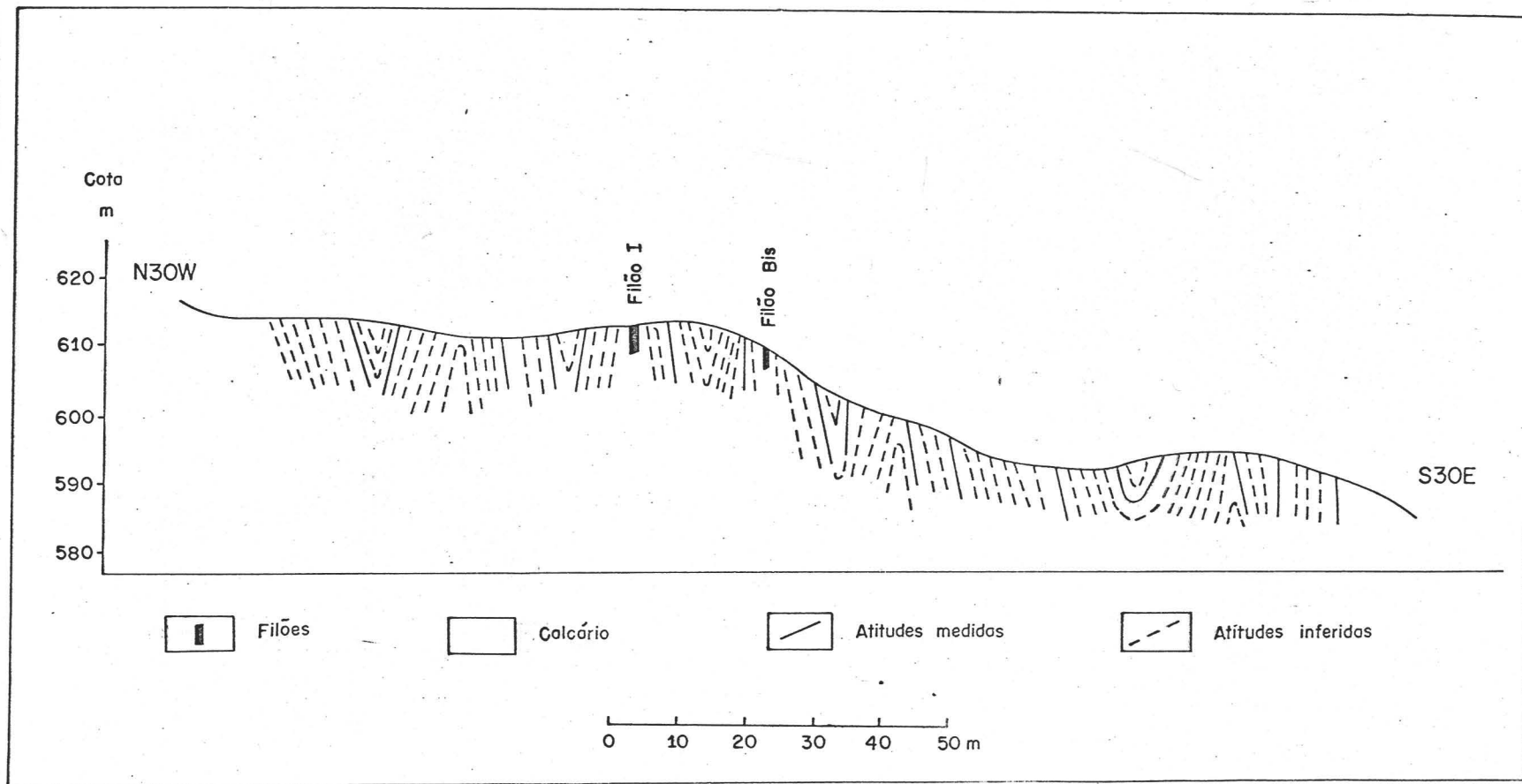


Figura 5 - Perfil topográfico e geológico esquemático efetuado ao longo do perfil geoquímico P4.

é dificultada pelos trabalhos de mineração que ali se desenvolveram, obliterando o aspecto original.

O filão Bis não apresenta vestígios superficiais seguros, a não ser blocos de chapéu-de-ferro, raramente "in situ". Esse filão foi descoberto por sondagens e trabalhos subterrâneos.

O filão I aflora ao longo da crista mais elevada dos calcários. Os afloramentos desse filão situam-se a Oeste e a Este de um vale tributário, à direita do córrego do Paqueiro (Mapa 1). O afloramento Oeste é constituído principalmente por limonita, observando-se pouca cerusita, piromorfita e galena. O filão mineralizado, nesse local, tem possança de 0,8 a 1,5 m e pode ser observado por cerca de 20 m. O afloramento este situa-se na vertente do vale acima citado e apresenta as mesmas características do afloramento Oeste. Cassedane (1954) identificou os seguintes minerais nesses afloramentos: cerusita, galena, calamina (?), limonita, pirita, malaquita, óxido de mangânês, argila, quartzo e calcita.

As outras ocorrências de minerais de chumbo na região, denominadas Paqueiro III, IV e V, são ainda pouco conhecidas.

2. Trabalhos subterrâneos

Os trabalhos subterrâneos da jazida pesquisada, cujo traçado pode ser observado no Mapa 2, incluem galerias, gavetas, chaminés, poços e um plano inclinado. As minas Paqueiro I e Paqueiro II situam-se nas vertentes este e oeste, respectivamente, de um vale tributário do córrego que drena aquela área.

A quase totalidade dos trabalhos subterrâneos da mina Paqueiro I, representados no mapa e a serem descritos, pertencem ao filão Bis. Do filão I encontram-se representadas apenas as galerias 590 e 545 m e algumas chaminés usadas durante a sua lavra. A mina Paqueiro II, em fase de desobstrução e limpeza, está representada apenas parcialmente pela galeria 580 m.

A mina Paqueiro I é constituída por duas galerias principais de acesso, situadas nas cotas 545 e 590 m. A galeria 590m na extremidade este, onde atinge o filão Bis, encontra-se parcialmente desmoronada. Entre essas galerias principais localizam-se os subníveis 550, 570 e 580 m, interligados por poços e chaminés (Figura 6). Todos os níveis enumerados atingem a mineralização, sendo as gale -

rias sempre direcionais, menos as de acesso. As dimensões dessas galerias, embora bastante irregulares, são de 1,80 x 1,80 m, em média. As mesmas medidas são válidas para poços e chaminés, com algumas exceções. As gavetas têm dimensões menores.

Os poços e chaminés entre os níveis são usados tanto para circulação como para ventilação e transporte de minério. As chaminés do nível 545 m são providas de bicas, onde o minério desmontado é transferido para vagonetas e transportado para a superfície. A chaminé principal, que corta todos os níveis entre as cotas 590 e 545 m, tem inclinação média de 53°. Ainda no nível 545 m, existem outras quatro chaminés que são utilizadas na lavra do minério, entre os níveis 545, 550 e 570 m.

A galeria 545 m corresponde aproximadamente ao nível freático, controlado pelo córrego do Paqueiro cuja cota, próxima à entrada desse nível, é de 535 a 540 m. Por essa razão os níveis 545 e 550 m têm grande quantidade de água, enquanto os demais são relativamente secos. O plano inclinado que sai da galeria 545 m para atingir níveis inferiores do filão I encontra-se totalmente inundado.

A mina desenvolve-se em sua totalidade na zona de minério oxidado, não tendo sido atingida a zona primária. Considerando-se a cota máxima de 590 m, tem-se, portanto, uma profundidade mínima de oxidação de 45 m. Na mina de Panelas a zona de oxidação é da ordem de 30 m, enquanto que em Furnas alcança quase 100 m (A. Barbosa, 1955, 1956).

Os calcários encaixantes geralmente oferecem segurança, sendo necessário o escoramento das galerias apenas em áreas de intenso fraturamento ou de paredes muito alteradas, constituídas de regolito ou elúvio, fato que ocorre nas galerias de entrada das minas I e II.

A lavra do filão Bis é feita pelo método "shrinkage", (Peele, 1927) sendo o minério desmontado acumulado no próprio painel e retirado através de bicas no nível 545 m.

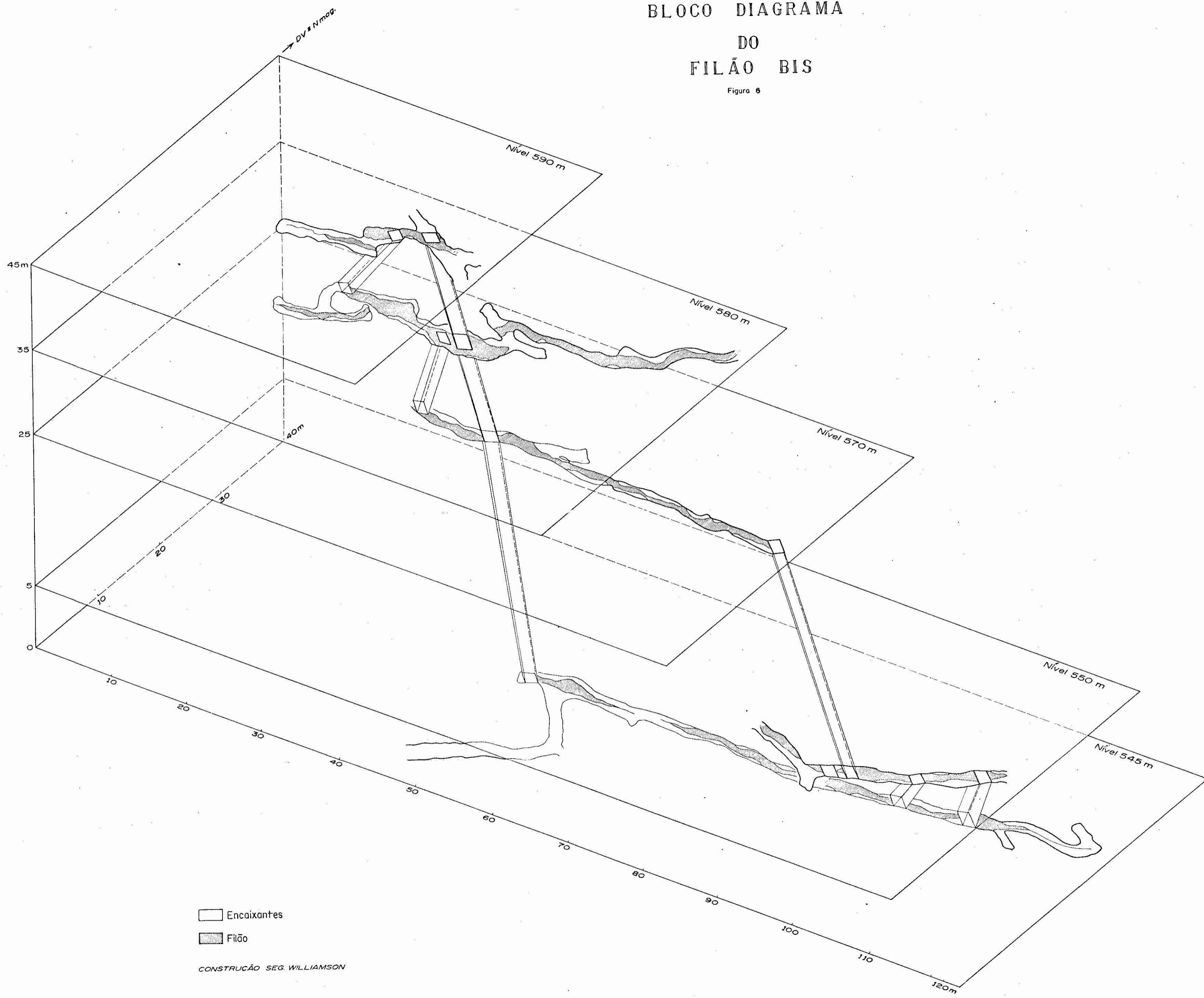
3. Geometria dos filões

A mineralização ocorre como dois filões subparalelos discordantes cêrca de 20° dos calcários encaixantes (Mapa 2). A exten-

BLOCO DIAGRAMA

DO FILÃO BIS

Figura 6



são horizontal do filão I é de 30 m e a do Bis é de 60 m, aproximadamente. O desnível máximo entre os afloramentos dos filões é de 25 m. Na vertical o filão I é conhecido em 70 m; o filão Bis em 45 m, prolongando-se ambos até profundidade desconhecida.

Os filões têm contornos aproximadamente lenticulares. A área do filão Bis, no plano de suas maiores dimensões, é de 2.700 m², enquanto a do filão "I" é de 2.100 m². A espessura dos filões é variável, ocorrendo alargamentos e estrangulamentos (Mapa 2) sem aparente regularidade. Alcança o máximo de 2,5 m, sendo em média de 1,0 m. As maiores espessuras do filão "Bis" situam-se especialmente na extremidade W, de onde é retirada a parte principal do minério.

A atitude geral média da mineralização é de N60°E, com mergulhos fortes, cêrca de 70° para SE ou NW. A direção da mineralização pode variar, entretanto, desde E-W até N40°E, fato que pode ser observado no filão I, no nível 545 m, e no filão Bis, especialmente na galeria 580 m. Essas variações na atitude dos filões são certamente devidas ao dobramento das encaixantes (Figura 7). A maior dimensão das lentes de minério apresenta caimento ("plunge") de 50° para E.

A mineralização localizou-se nas proximidades do eixo de um anticlinal (Figura 5).

A massa mineral é perfeitamente definida, não ocorrendo impregnação nas paredes. Observa-se que as paredes, nos níveis superiores, apresentam formas irregulares de dissolução, mostrando que, nessa zona, o contato do minério com as encaixantes não corresponde à superfície original do depósito. A espessura atual do minério nesses trechos é certamente superior à do filão, por ocasião de sua deposição. A importância dos fenômenos supérgenos como causa de aumento da possança e, além disso, como fator de enriquecimento do teor, é ainda demonstrada pelas associações mineralógicas encontradas nesses níveis, onde predominam cerusita e limonita.

A mineralização não é uniforme ao longo da fratura, sendo grande a irregularidade na distribuição do minério. Os filões, bem definidos em alguns pontos, vão se estreitando, até se reduzirem a simples fraturas. Essas irregularidades são certamente devidas à movimentação das encaixantes durante o dobramento, que possibilitou

também a abertura de espaços vazios para a percolação das soluções mineralizantes. Essas ondulações podem ser observadas especialmente no filão I, nas partes já desmontadas, onde as paredes são bem visíveis.

A existência de dois filões subparalelos, em fraturas discordantes da estratificação dos calcários, permite supor a existência de uma falha de direção NW, concordante com o fraturamento predominante da região. Essa falha já foi sugerida por Cassedane (1954), que considerou o vale entre as jazidas I e II como expressão morfológica desse falhamento. Além disso, foram notadas algumas falhas de direção NW com pequenos rejeitos, cortando a mineralização em vários níveis, principalmente na extremidade W do filão Bis, nas galerias 590 e 580 m, onde a mineralização se apresenta deslocada, ocorrendo numa fratura paralela. Esses fatos sugerem a existência de uma fratura, aberta durante o dobramento, e 1) um falhamento anterior à mineralização com deslocamento da referida fratura ou 2) falhamento posterior à mineralização. A inexistência de mineralização em falhas de direção NW leva-nos a considerar como mais provável um falhamento pré-mineralização, com deslocamento da fratura posteriormente mineralizada.

4. Produção e reservas

A mina do Paqueiro produziu de abril de 1957 a novembro de 1966, 1.700 t de chumbo e cerca de 400 kg de prata. As produções anuais e os respectivos teores médios encontram-se relacionados na Tabela II.

O minério desmontado das frentes de trabalho é transportado para a superfície e classificado como minério rico, com mais de 20% Pb, e minério pobre, com cerca de 15% Pb em média. O teor mínimo exigido para a metalurgia, executada pela PLUMBUM S/A em Painelas, é de 5% Pb. O teor médio do filão Bis é de 9,3% Pb, enquanto o do filão I era de 12,8%.

A jazida do Paqueiro possui reserva provada de 300 t de chumbo contido, admitindo-se minério com teor médio de 9,3% Pb e possança média de 1,0 m do filão mineralizado. As reservas prováveis são estimadas entre 1.200 e 1.500 t de chumbo contido. As reservas

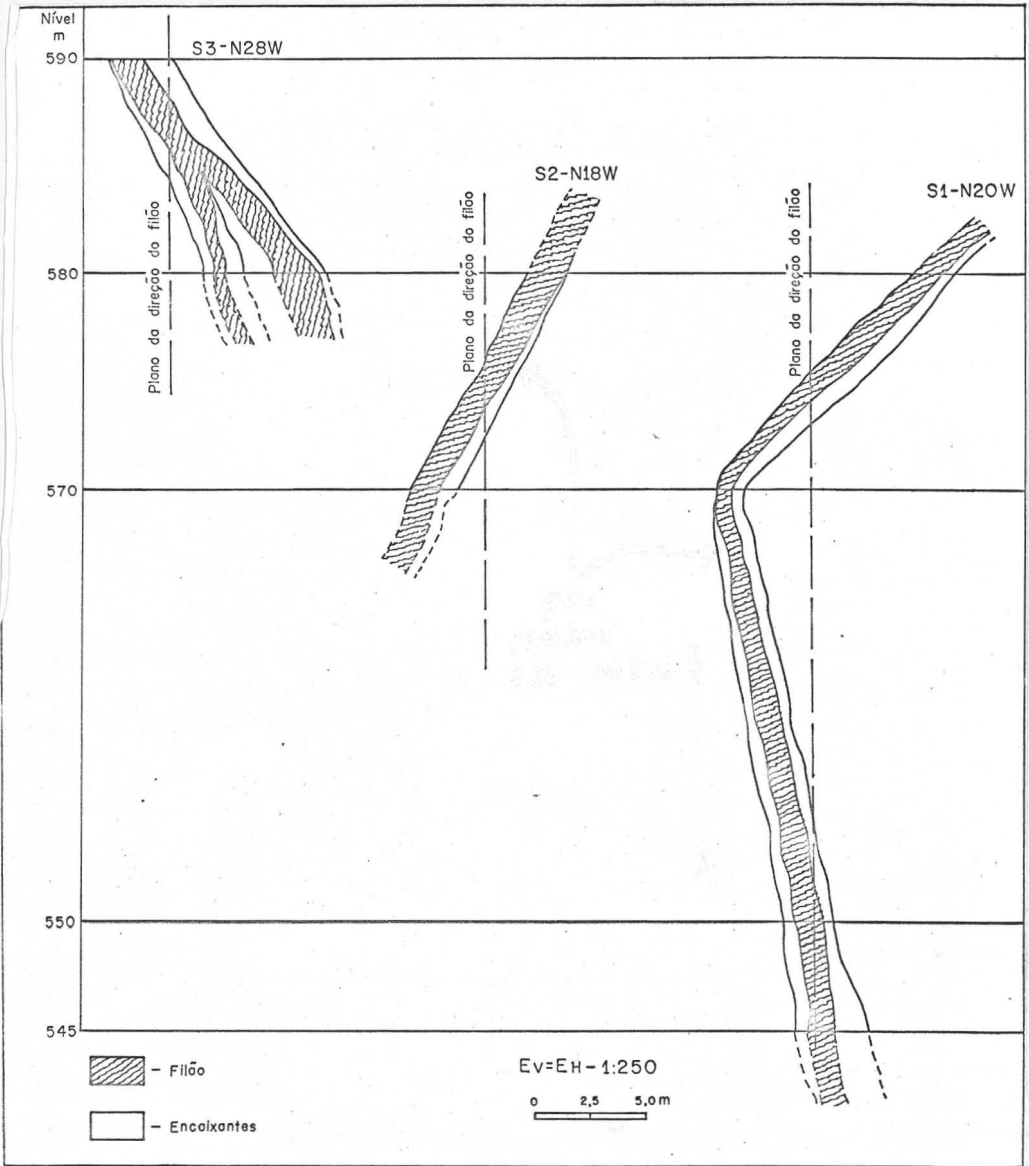


Figura 7 - Perfis perpendiculares a direção do filão Bis (Vide mapa 2).

possíveis incluem outras ocorrências de minerais de chumbo na mesma área mineralizada. É conveniente notar que a reserva provada acima citada refere-se apenas ao filão Bis, pois o filão I se encontra esgotado.

TABELA II

Produção da mina do Paqueiro de 1957 a 1966

Ano	Teor médio %	Pb produzido t
1957	25,4	61,2
1958	15,0	112,9
1959	15,7	858,4
1960	10,8	315,4
1961-1964	-	-
1965	9,8	134,5
1966	11,6	237,6

5. Descrição do minério

O minério produzido na mina do Paqueiro é constituído principalmente de cerusita, galena, piromorfita, limonita, pirita e quartzo e carbonatos como minerais de ganga. Na tabela III, encontram-se relacionadas sete análises químicas parciais de amostras de minério da mina do Paqueiro que podem dar idéia de sua composição e teores.

Além dos elementos relacionados ocorre Au com teor aproximado de 5 g por quilo de Ag. Não se conhecem exatamente os teores de Sn, Sb e As, embora a presença desses elementos, no minério do Paqueiro, tenha sido revelada por testes químicos.

A partir da composição química mostrada na Tabela III, foi calculada a composição mineralógica teórica provável das amostras, admitindo-se que a galena é o mineral mais resistente à oxidação, seguindo-se a pirita, enquanto a esfalerita e os sulfetos de cobre são oxidados com maior facilidade, fatos confirmados pelo estudo mineralógico. Assim, o enxofre existente foi considerado como participando preferencialmente da galena e da pirita. Admitiu-se, ainda, que o zinco estivesse sob forma de smithsonita, embora possa ocorrer também calamina.

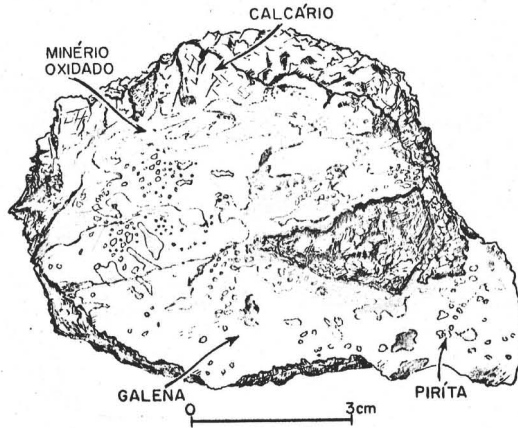


Figura 8 - Relações de contato entre calcários encaixantes e o filão. Filão Bis, nível 570 m.



Figura 9 - Fraturamento das encaixantes e filão irregular de galena e pirita. Filão I, nível 545 m.

TABELA III

Composição química parcial de amostras de minério da mina do Paqueiro

ELEMENTO	AMOSTRA						
	1	2	3	4	5	6	7
Pb	15,4%	18,9%	44,6%	16,7%	14,2%	53,3%	24,8%
Zn	0,7	0,6	0,5	0,3	0,6	1,2	-
Cu	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	-	0,2
Fe	26,3	16,2	18,1	14,1	14,3	6,7	17,7
S	11,6	15,2	21,3	6,7	7,5	2,3	14,0
CaO	4,2	5,8	1,4	4,4	18,9	-	-
Insol.	28,0	20,8	7,5	30,5	27,2	10,2	21,4
Total	86,4	77,7	93,6	72,5	82,7	73,7	78,0
Ag (*)	240	-	960	-	-	850	-

(*) Ag - teores em gramas por tonelada de chumbo contido.

Dados obtidos em Boletins de Análises da PLUMBUM S/A

TABELA IV

Composição teórica provável de amostras de minério da jazida do Paqueiro

MINERAL	AMOSTRA						
	1	2	3	4	5	6	7
PbS	17,7	22,0	51,6	19,3	16,4	17,1	28,6
FeS ₂	17,4	23,0	26,8	7,7	10,0	-	22,0
PbCO ₃	-	-	-	-	-	46,2	-
ZnCO ₃	1,3	1,1	0,9	0,6	1,1	2,3	-
Cu ₂ CO ₃ (OH) ₂	0,3	0,3	0,3	0,4	0,1	-	0,3
Fe ₂ O ₃	26,0	7,8	8,0	15,0	13,7	9,5	10,5
CaCO ₃	7,5	10,3	2,5	8,0	33,7	-	-
Insol.	28,0	20,8	7,5	30,5	27,2	10,2	21,4
Total	98,2	85,3	97,6	81,5	102,2	85,3	82,8

Da mesma maneira o cobre foi recalculado sob a forma de malaquita, embora ocorra covelina e calcopirita.

As diferenças em relação a 100% observadas nas composições teóricas calculadas podem ser interpretadas como devidas à umidade do minério, à presença de limonita e ou goethita, e aos dados incompletos das análises químicas. Na Tabela IV verifica-se que as quantidades teóricas de galena variam de 17,1 a 51,6% e de pirita de 7,7 a 26,8%. Em apenas uma das amostras, a de número 6, a quantidade teórica de cerusita é superior à de galena.

6. Mineralogia

Nos filões que constituem a mina do Paqueiro predominam os minerais oxidados, sendo raramente encontrados os minerais hipógenos. Tanto o filão Bis, como os pilares restantes do filão I constituem-se principalmente de cerusita e piromorfita, ocorrendo raramente blocos de galena preservados no interior dos oxidados.

a) minerais hipógenos

Os minerais hipógenos identificados como constituintes do minério do Paqueiro são: galena, pirita, esfalerita, calcopirita e arsenopirita, que serão posteriormente descritos com detalhes. Pöschl (comunicação pessoal), além dos minerais enumerados, identificou pirita estanífera e possivelmente tetraedrita. O mesmo autor considera como composição primária mais provável nas jazidas do Rocha, Bassetti e Panelas, os seguintes minerais: galena; esfalerita; magnetita; arsenopirita; calcopirita; pirita estanífera; tetraedrita - $Sb_4(Cu, Fe, Zn, Ag)_{12}S_{13}$; bournita - $SbPbCuS_3$; bulangerita - $Sb_4Pb_5S_{11}$; alabandita - MnS e antimônio nativo. Embora não tenham sido identificados todos esses minerais na jazida do Paqueiro, essa associação mineralógica é coerente com os óxidos ali encontrados atualmente. Na mina de Furnas e de Panelas, A. Barbosa (1955, 1956) descreve minerais primários de antimônio e pirrotita.

Serão descritos em seguida os minerais hipógenos individualmente e em ordem decrescente de importância nos filões.

Galena - PbS

A galena é o único mineral hipógeno de chumbo identificado na mina do Paqueiro. Ocorre em cristais cúbicos com dimensões máximas de 0,5 mm, formando uma matriz que engloba os demais minerais. Preenche as fraturas e constitui inclusões arredondadas irregulares nos cristais de pirita (Figuras 10 e 12). É provávelmente responsável pelo conteúdo em prata do minério.

A galena representa o estágio final produtivo da mineralização.

Dois análises espectrográficas qualitativas de amostra de galenas foram efetuadas no Serviço Geológico da Finlândia, cujos resultados se encontram relacionados na Tabela V. A amostra A foi coletada em um pilar do filão I, no nível 545 m; a amostra B é proveniente do filão Bis, nível 580 m, contaminada com cerusita. Os elementos identificados apenas qualitativamente, encontram-se relacionados em ordem decrescente de quantidade.

Pirita - FeS₂

A pirita ocorre em cristais cúbicos idiomorfos ou arredondados intensamente fraturados, incluídos na matriz de galena. O estudo de secções polidas do minério revelou a existência tanto de cristais idiomorfos como de cristais com contornos irregulares e arredondados de pirita, representados nas Figuras 10 e 11, indicando possivelmente duas épocas de deposição desse mineral. Nessas figuras observa-se acentuado relevo entre os grãos de pirita e a matriz de galena, causado pela diferença de dureza entre os dois citados minerais, difícil de ser eliminado na confecção de secções polidas. Os cristais irregulares e fraturados de pirita demonstram claramente a substituição desse mineral por galena.

Nas bandas laterais, citadas na página 35 e exemplificadas na Figura 17, a pirita constitui agregados maciços, associando-se ao quartzo e carbonatos, sendo predominante sobre a galena. A pirita estanífera ocorre em grãos xenomorfos (Pöschl, comunicação pessoal). O mesmo autor identificou calcopirita e arsenopirita como exsolução da pirita.

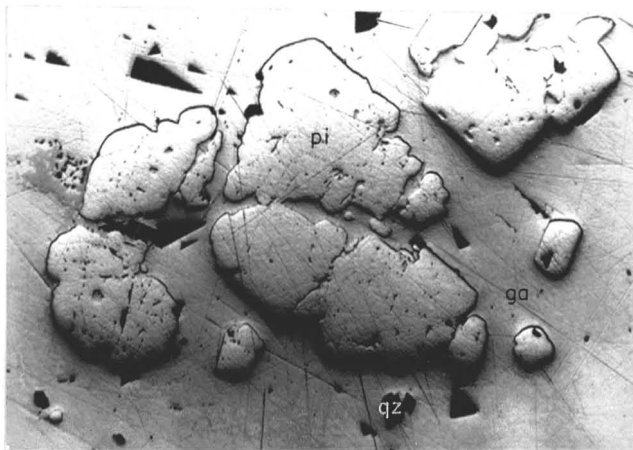


Figura 10 - Cristais de pirita(pi) com contornos irregulares, parcialmente substituídos por galena(ga). Ocorre ainda quartzo(qz). Aumento: 110 X.

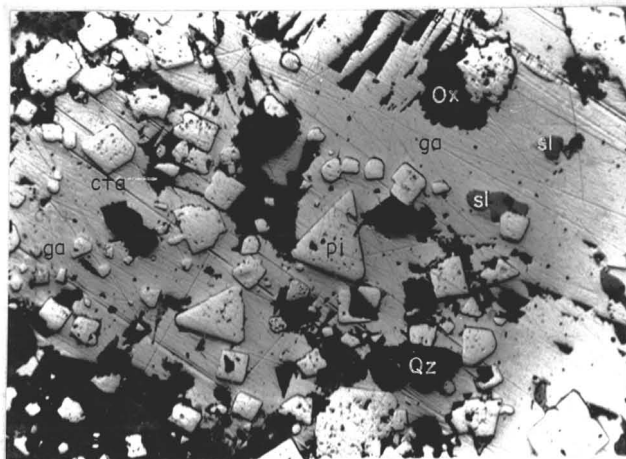


Figura 11 - Cristais idiomorfos de pirita(pi) em matriz de galena(ga). Esfalerita(sl) aparece em grãos arredondados, de coloração cinza escuro. Ocorrem ainda quartzo(qz), calcita(cta) e minerais oxidados(ox), principalmente cerusita. Aumento: 45 X.

TABELA V

Análises espectrográficas de amostras de galena

Amostra A	Observações	Amostra B	Observações
Pb		Pb	menos que A
Sn	elemento maior	Sn	menos que A
Sb		Sb	menos que A
Si		Si	menos que A
Cu		Cu	menos que A
Ag		Ag	menos que A
As		As	menos que A
Fe		Fe	mais que A
Al		Al	mais que A
Mn		Mn	muito pouco
Mg	muito pouco	Mg	muito pouco
Ca	muito pouco	Ca	mais que A
Sr	muito pouco	Sr	mais que A
Ti	incerto	-	
Bi	incerto	-	
Se	incerto	Zn	
Te	incerto	Cr	
-		Ti	
-		Se	incerto
-		Te	incerto

Calcopirita - CuFeS_2 e Arsenopirita - FeAsS

Ambos os minerais foram identificados apenas em secções polidas. É bastante difícil distinguir êsses minerais da pirita, embora sejam notadas pequenas variações de coloração. Calcopirita e arsenopirita são muito raras e ocorrem em grãos xenomorfos arredondados incluídos na matriz de galena e associados com pirita (Figura 12).

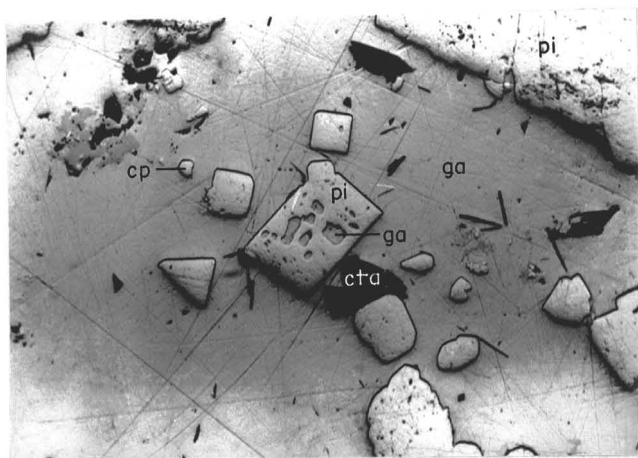


Figura 12 - Inclusões de galena(ga)em pirita (pi). Ocorrem ainda na secção polida calcita (cta) e calcopirita (cp). Aumento: 110 X.

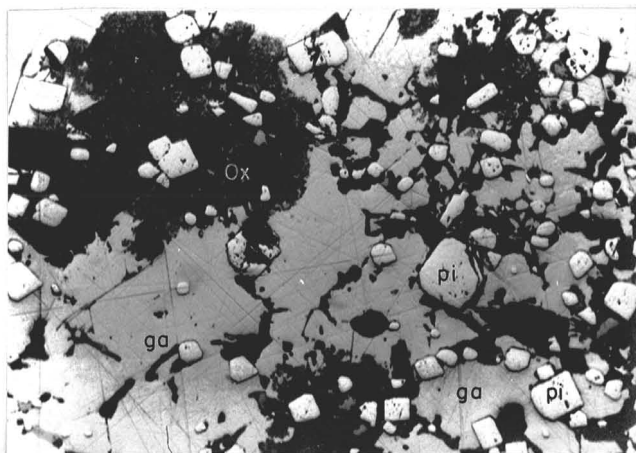


Figura 13 - Aspecto geral do minério, notando-se pirita(pi), quartzo, calcita e minerais oxidados (ox) constituindo manchas irregulares em matriz de galena (ga). Aumento: 45 X.

Esfalerita - ZnS

Bastante rara nas amostras estudadas, ocorrendo como manchas irregulares, arredondadas, na matriz de galena. Pode ser identificada pela cor cinza, mais clara que a do quartzo, em seções polidas (Figura 11).

b) minerais supérgenos

Os minerais supérgenos oxidados, predominantes sobre os primários, mais comuns na mina pesquisada são: limonita, cerusita, piromorfita, covelina e malaquita. Em nenhuma das amostras estudadas identificou-se anglesita, bem como minerais oxidados de Zn, que ocorrem em outras jazidas da região, juntamente com óxidos de antimônio e arsênico (A. Barbosa, 1956).

Limonita - $FeO \cdot nH_2O$

A limonita é o componente principal do minério oxidado, derivado provavelmente de pirita, arsenopirita e calcopirita do minério primário. Pode-se ter idéia do conteúdo em limonita no minério, observando a Tabela III, onde o conteúdo em Fe atinge valores próximos de 30%. É importante guia de mineralização, ocorrendo na superfície como chapéu-de-ferro, resistente à erosão; nos níveis subterrâneos da mina torna mais fácil a identificação do filão mineralizado. Juntamente com limonita ocorrem manchas irregulares, às vezes arborescentes, de óxido de manganês.

Cerusita - $PbCO_3$

Ocorre raramente como cristais idiomorfos (Figura 14); constitui geralmente agregados microscópicos finos de hábito terroso; raramente maciços e compactos. Quando cristalizada na forma de bipirâmide rômica, tem brilho não metálico, adamantino. Quando idiomorfos, os cristais têm dimensões de 1 a 2 cm. A coloração é variada, sendo frequentes cristais cinza-escuros, podendo se tornarem mais claros e amarelados; a cor dos cristais de cerusita é mascara-

da pela presença de limonita e piromorfita. É o mineral de chumbo mais abundante na jazida do Paqueiro, constituindo grande parte dos filões, principalmente, as porções mais ricas situadas na extremidade de Oeste. A identificação da cerusita nas galerias é feita pela decrepitação à chama da lâmpada de carbureto. A Figura 15 mostra o desenvolvimento da cerusita a partir da oxidação da galena.

Piromorfita - $Pb_5Cl(PO_4)_3$

É comum a presença desse mineral, sempre associado à cerusita, formando manchas irregulares e preenchendo vazios. É extremamente friável e de granulação fina, microcristalina. Pode ser facilmente reconhecida pelo hábito terroso e a coloração amarela característica (Figura 14).

Covelina - CuS

A covelina ocorre sempre nas partes oxidadas juntamente com a cerusita. Constitui manchas irregulares. Em seções polidas pode ser identificada pela cor azul-clara adquirindo, a néoils cruzados, cor avermelhada (Schouten, 1962). A presença desse sulfeto neof formado demonstra a existência de uma zona de enriquecimento.

Malaquita - $Cu_2(OH)_2CO_3$

Mineral encontrado frequentemente nas paredes do filão. Ocorre irregularmente, em manchas ou estruturas de deposição - estalactites - devido ao transporte pela água que percola ao longo das paredes dos filões. Tem coloração verde-clara e auxilia a identificar mais facilmente os filões nas galerias. Ocorre como finas lâminas, sem estruturas ou formas visíveis, ao longo das paredes dos filões em superfícies de minerais.

c) minerais de ganga

Os minerais de ganga dos filões do Paqueiro são principalmente calcita, quartzo e dolomita; fluorita ocorre raramente. Sharp (1965) sugere que a deposição desses minerais, em depósitos hi

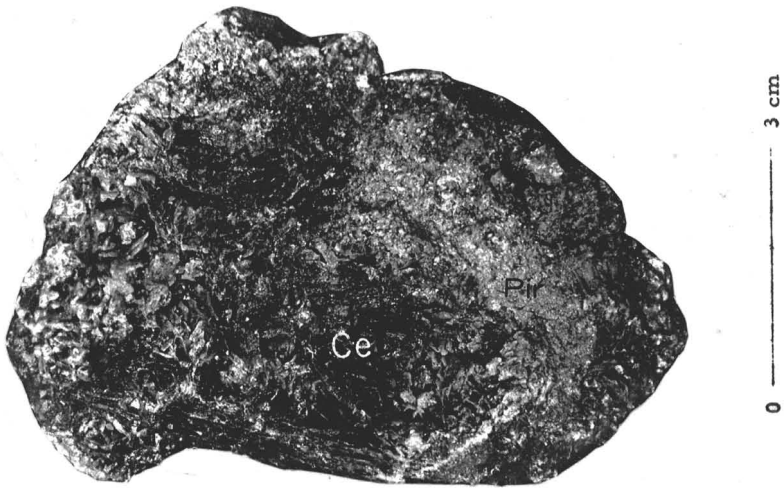


Figura 14 - Cerusita(ce) em cristais idiomorfos de coloração cinza e piromorfita(pir) mais clara, com hábito terroso.

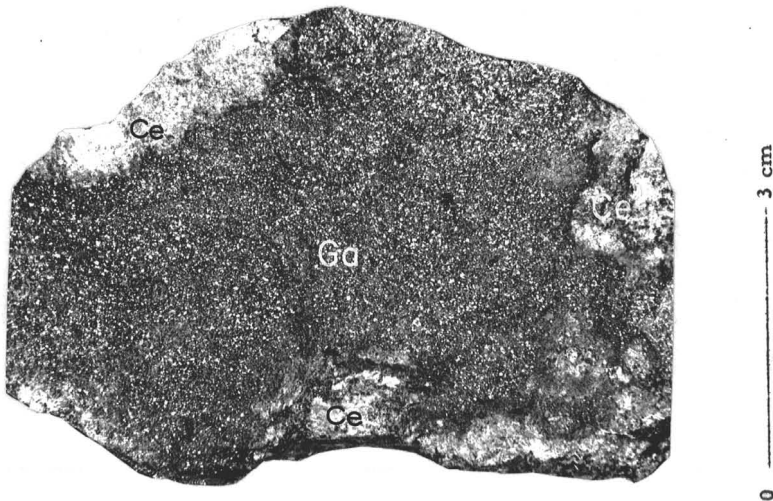


Figura 15 - Galena(ga) e cerusita(ce).

potermais a mesotermiais, ocorre a partir de uma única fase aquosa. A deposição de quartzo predomina sobre a de calcita acima de 300°C; abaixo de 150°C a calcita predomina sobre o quartzo.

Os minerais de ganga, principalmente quartzo e calcita, ocorrem constituindo veios irregulares associados à mineralização e concentram-se nas paredes e nas bandas laterais onde ocorre pirita. O quartzo ocorre em cristais xenomorfos, fraturados. Os carbonatos, principalmente calcita, têm cores variadas, sendo mais comuns aqueles de coloração branca. Constituem manchas de cristais irregulares, raramente idiomórficos.

O estudo do minério da jazida do Paqueiro revelou composição mineralógica simples. A seqüência paragenética dos cinco sulfetos primários, identificados e descritos acima, é normal. A seqüência de oxidação dos minerais hipógenos é também normal (Park, 1964), iniciando-se com os minerais de Zn, seguindo-se os de Fe e finalmente os de Pb.

7 - Zoneamento

Na mina do Paqueiro, especialmente num dos pilares ainda conservados do filão I, no nível 545 m, observa-se nítido zoneamento, notando-se enriquecimento de galena no centro do filão, enquanto a pirita predomina nas bandas laterais (Figuras 16 e 17). Esse bandejamento paralelo ao contato é importante, sugerindo a existência de pelo menos duas fases de mineralização.

Quanto ao zoneamento vertical, notam-se variações no conteúdo de Zn, aumentando com a profundidade. Infelizmente não é conhecida a procedência exata das amostras analisadas e relacionadas nas Tabelas III e IV, onde se observam variações no teor desse elemento. Os dados obtidos, embora sugestivos, não são suficientes para demonstrar esse zoneamento vertical na mina do Paqueiro, fato bastante comum em outras jazidas de Pb - Zn. Além disso, o conhecimento dos filões em apenas 45 m de profundidade dificilmente poderia revelar, de modo notável, esse zoneamento.

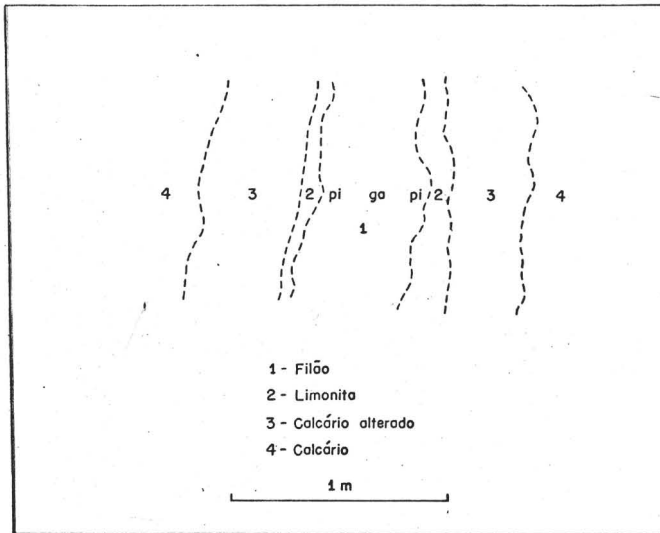


Figura 16 - Esquema mostrando as relações do filão Bis com as encaixantes. No filão mineralizado, encontram-se assinalados os sulfetos predominantes. Nível 580 m.

8 - Alteração de paredes

Os calcários encaixantes ocorrem alterados nos contatos com o filão, adquirindo aspecto de xisto (Figura 18). São intensamente fraturados e cortados por veios de quartzo e calcita (Figuras 9 e 18). A zona de alteração das paredes tem espessura variável, atin-gindo, freqüentemente, até 0,80 m.

O estudo da alteração de paredes baseou-se na obser-vação de lâminas delgadas e em sete análises químicas de calcários amostrados a partir do filão mineralizado, conforme a Figura 19.

Macroscôpicamente, identifica-se a alteração das pa-redes encaixantes da mineralização pela mudança de côr dos calcários, que de cinza-escuro adquirem coloração avermelhada, exibindo às vê-zes brilho sedoso e aspecto xistoso. Outras características dos calcá-rios das paredes são o fraturamento, a presença de veios milimétricos de calcita e quartzo (Figuras 9 e 18) e a recristalização, principalmente de calcita.

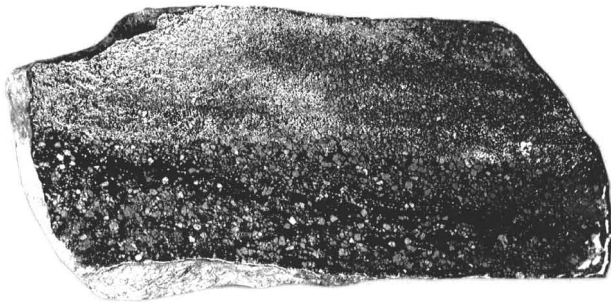


Figura 17 - Zoneamento entre pirita e galena (escura). Filão I, nível 545 m.

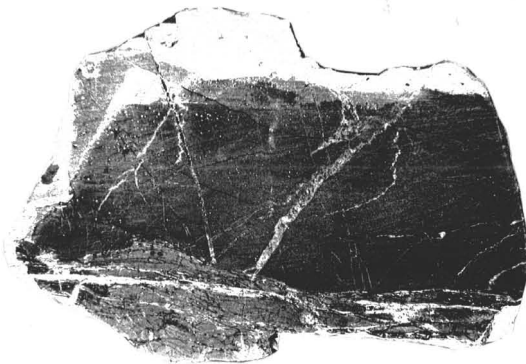


Figura 18 - Aspecto dos calcários encaixantes da mineralização. Notar o fraturamento, a presença de veios de quartzo e calcita, e as mudanças de coloração. Filão Bis, nível 580 m.

No exame microscópico de secções delgadas dessas rochas, observa-se com facilidade a silicificação. O desenvolvimento de cristais de quartzo ou sílica criptocristalina (Lovering, 1962) ocorre em manchas irregulares, entre os grãos de carbonatos, ou em cordões ao longo da estratificação. A sílica pode ser introduzida por fluidos hidrotermais ou ser proveniente da própria rocha, apenas sofrendo remobilização.

O exame dos resultados das análises químicas, representados na Figura 19, mostra aumento em MgO , SiO_2 , Fe_2O_3 e Al_2O_3 à medida que se aproxima do filão, em detrimento do teor de CaO . Essa situação prova, portanto, que os dois processos principais de alteração de paredes foram silicificação e dolomitização, associados mutualmente a corpos mineralizados de $Pb - Zn$ (Schwartz, 1955, 1959). A dolomitização na mina do Paqueiro teve intensidade suficiente para transformar calcários puros em dolomito.

A dolomitização é a responsável principal pela mudança de cor das rochas carbonáticas, e sua importância reside na recristalização e aumento da porosidade. Nas galerias da mina do Paqueiro é freqüente a ocorrência de carbonatos recristalizados, sob a forma de veios irregulares, nas paredes dos filões. A dolomitização relaciona-se à fase inicial de mineralização (Fowler e Lyden, 1932).

O enriquecimento em Al_2O_3 , no contato do filão com as encaixantes, pode ser interpretado como devido à presença de argila residual, transportada pela percolação de água ao longo dessa superfície.

O aumento dos teores em Fe_2O_3 e R_2O_3 nos calcários encaixantes, à medida que se aproximam do filão mineralizado, é causado pela presença de óxidos, originados da alteração dos sulfetos primários, especialmente pirita.

9 - Contrôles da mineralização

Os filões da mina do Paqueiro ocorrem em leitos preferenciais de calcários escuros, bastante puros. Essas rochas constituem o controle litológico principal da mineralização de Pb em todo o vale do Ribeira, bem como nos principais distritos produtores desse metal em todo o mundo. O comportamento geoquímico desse elemen

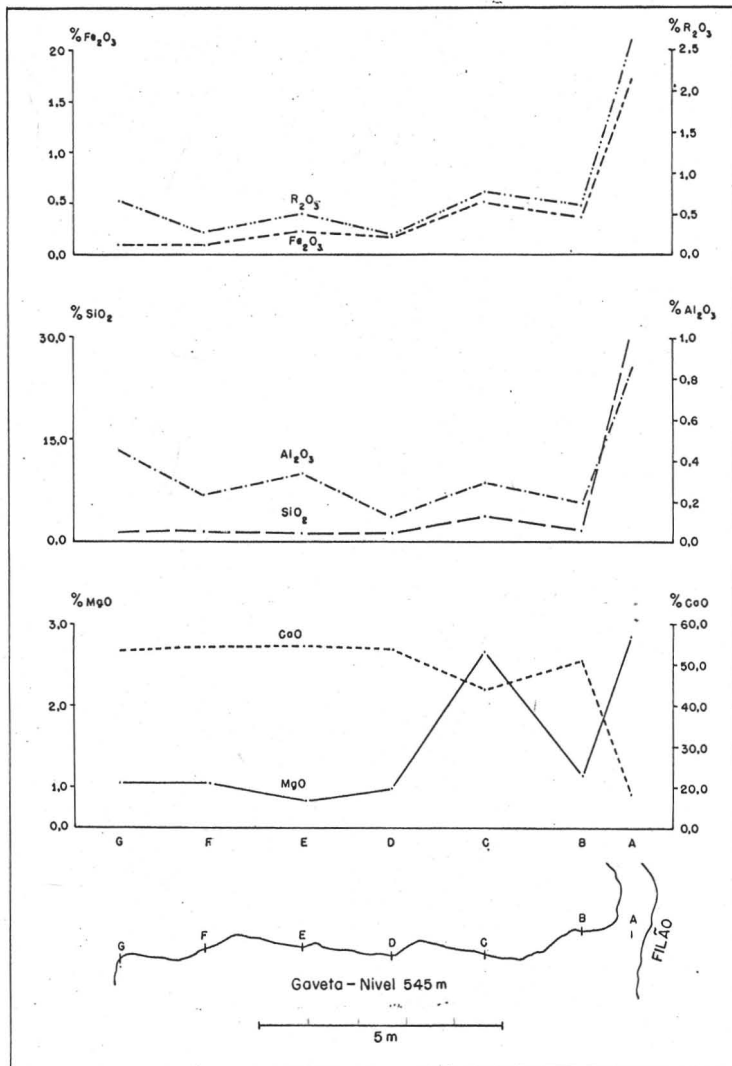


Figura 19 - Gráfico mostrando a variação da composição dos calcários encaixantes da mineralização. (Análises efetuadas pela SERRANA S/A).

to favorece a sua deposição em presença de rochas carbonáticas (Wedepohl, 1956). Em alguns locais, especialmente nos níveis 590 e 580 m, no filão Bis, foi notada a presença de calco-xistos nas paredes dos filões. Não dispomos, entretanto, de dados geológicos suficientes para considerar essas rochas como barreiras à mineralização.

O controle estrutural é representado por fraturas de direção $N60^{\circ}E$, discordantes da estratificação dos calcários encaixantes, onde se alojaram os filões e que serviram de conduto às soluções mineralizantes. O sistema de fraturas ortogonais a êsse, orientado predominantemente segundo $N40^{\circ}W$, não teve importância na localização dos filões da mina do Paqueiro. Em outras jazidas da região, especialmente em Furnas e em Panelas, êsse sistema de fraturas teve grande importância na mineralização, ocorrendo enriquecimento do minério na sua intersecção com o sistema orientado para NE (A. Barbosa, 1955, 1956).

O caimento dos filões, cêrca de $50^{\circ}E$, as irregularidades que apresentam (Figuras 6 e 7) e a abertura de espaços vazios para a percolação das soluções mineralizadoras, são certamente devidos aos dobramentos regionais anteriores à mineralização. Além disso, os filões I e Bis ocorrem próximos ao eixo de um pequeno anticlinal (Figura 5).

VIII - CLASSIFICAÇÃO DO DEPÓSITO DO PAQUEIRO

Os filões de chumbo da mina do Paqueiro constituem depósitos de substituição de leitos preferenciais de calcários escuros.

A associação mineralógica, relativamente simples quanto aos minerais hipógenos identificados, permite classificar a jazida estudada como mesotermal (Lindgreen, 1933). Os mesmos minerais identificados no Paqueiro, com pequenas diferenças, ocorrem também na jazida de Furnas, considerada tipicamente mesotermal (Barbosa e Guimarães, 1946).

Não foram identificados, por outro lado, minerais índices de ambiente epitermal ou hipotermal. Na jazida de Panelas, A. Barbosa (1956) descreve a ocorrência de diopsídio, titanita e tremolita como componentes da ganga do minério, e pirrotita entre os sulfetos primários. Tendo em vista essa associação mineralógica e a

situação geológica, o citado autor considera essa jazida como pirometassomática-hidrotermal, atribuindo a alta pressão e temperatura das soluções mineralizantes à vizinhança das rochas graníticas. O mesmo autor admite ainda a ocorrência de jazidas de temperatura mais baixa, em regiões mais afastadas das fontes magmáticas, como é o caso de Furnas e do Paqueiro.

A associação mineralógica da jazida do Paqueiro enquadra-se no Grupo 7 de Emmons (Park e Diarmid, 1964), constituída principalmente de galena, calcopirita e esfalerita, e ganga de quartzo e carbonatos.

As seqüências de paragênese e de oxidação dos minerais são normais.

IX - ORIGEM DA MINERALIZAÇÃO

1. Composição isotópica do chumbo

Estudos da composição isotópica, especialmente do chumbo, têm permitido, em vários distritos minerais do mundo, formular hipóteses sobre a natureza e idade aproximada (Russell e Farquhar, 1960b) da mineralização, assim como relacionar os minerais com rochas encaixantes e intrusivas. Visando estabelecer as relações entre algumas jazidas e ocorrências de minerais de Pb do vale do Ribeira e pesquisar a gênese desses depósitos, foi executado esse estudo preliminar da composição isotópica de Pb contido em galenas daquela região. Constitui trabalho de interesse econômico e científico, ainda não executado em nosso país, com exceção de duas notas preliminares sobre o assunto divulgadas em 1966 (Damasceno; Amaral).

As análises isotópicas das amostras provenientes do vale do Ribeira foram executadas pelo Dr. Eichi Matsui, do Setor de Espectrometria de Massa do Instituto de Energia Atômica de São Paulo, e pelo Dr. Olavi Kuovo, do Serviço Geológico da Finlândia. As relações isotópicas determinadas encontram-se relacionadas na Tabela VI, bem como as idades calculadas pelos modelos de Russell e Farquhar (1960 a), Holmes-Houtermans (Hamilton, 1965) e Kuovo (comunicação pessoal). Nota-se na referida tabela a concordância entre os resultados obtidos no Instituto de Energia Atômica e na Finlândia,

embora tenham sido usadas técnicas diferentes nas determinações isotópicas. As determinações de Pb executadas no Instituto de Energia Atômica foram elaboradas em amostras de galena, sem purificações prévias e em estado sólido; enquanto isso, no Serviço Geológico da Finlândia, foram tomados cuidados especiais, e grande parte das amostras foi previamente purificada com ditizona (Kuovo, 1961).

Os primeiros estudos da composição isotópica de chumbo (Nier, 1939 e 1941), aplicados à gênese de jazidas, deram idades concordantes entre rochas intrusivas e mineralizações a elas associadas. Algumas determinações, no entanto, deram resultados diferentes, demonstrando a inexistência de filiação entre depósitos minerais e rochas intrusivas vizinhas. Essas variações, resultantes das diferenças de composição isotópica, permitiram a aplicação do método em estudos genéticos de depósitos minerais.

Para o estudo de isótopos no vale do Ribeira, foram admitidas as hipóteses enumeradas por Holmes-Houtermans (Hamilton, 1965) e Russell e Farquhar (1960 a e b).

Tôdas as jazidas e ocorrências amostradas, representadas na Figura 20, têm características comuns. Constituem geralmente filões, localizados nos calcários do Grupo Açungui, e situam-se superficialmente afastadas de rochas intrusivas ácidas - granitos tipo Pirituba - consideradas por vários autores, anteriormente citados, como responsáveis pela mineralização. As jazidas encontram-se a alguns quilômetros dos contatos entre granitos e metassedimentos, exceção feita à jazida de Panelas e à ocorrência de Itapirapuã. A jazida do Paqueiro é a mais afastada, situando-se a cerca de uma dezena de quilômetros de granitos. Entre as jazidas existem apenas algumas diferenças na composição mineralógica.

Tendo em vista os resultados obtidos com as datações de galenas pelo método Pb/Pb, tornou-se imprescindível a determinação das idades dos granitos e dos metassedimentos. Embora em número ainda insuficiente para esse tipo de estudo, foram efetuadas quatro datações K/Ar de rochas da região, sendo duas de granitos, uma de nefelina gabro e uma de filito.

A idade dos granitos, determinada no Centro de Pesquisas Geocronológicas da Universidade de São Paulo, é de 510 m.a. As amostras datadas foram coletadas em Itapirapuã e no km 339,5 da rodovia, entre Apiaí e Ribeira. O filito da estrada do Ribeirão do Rocha

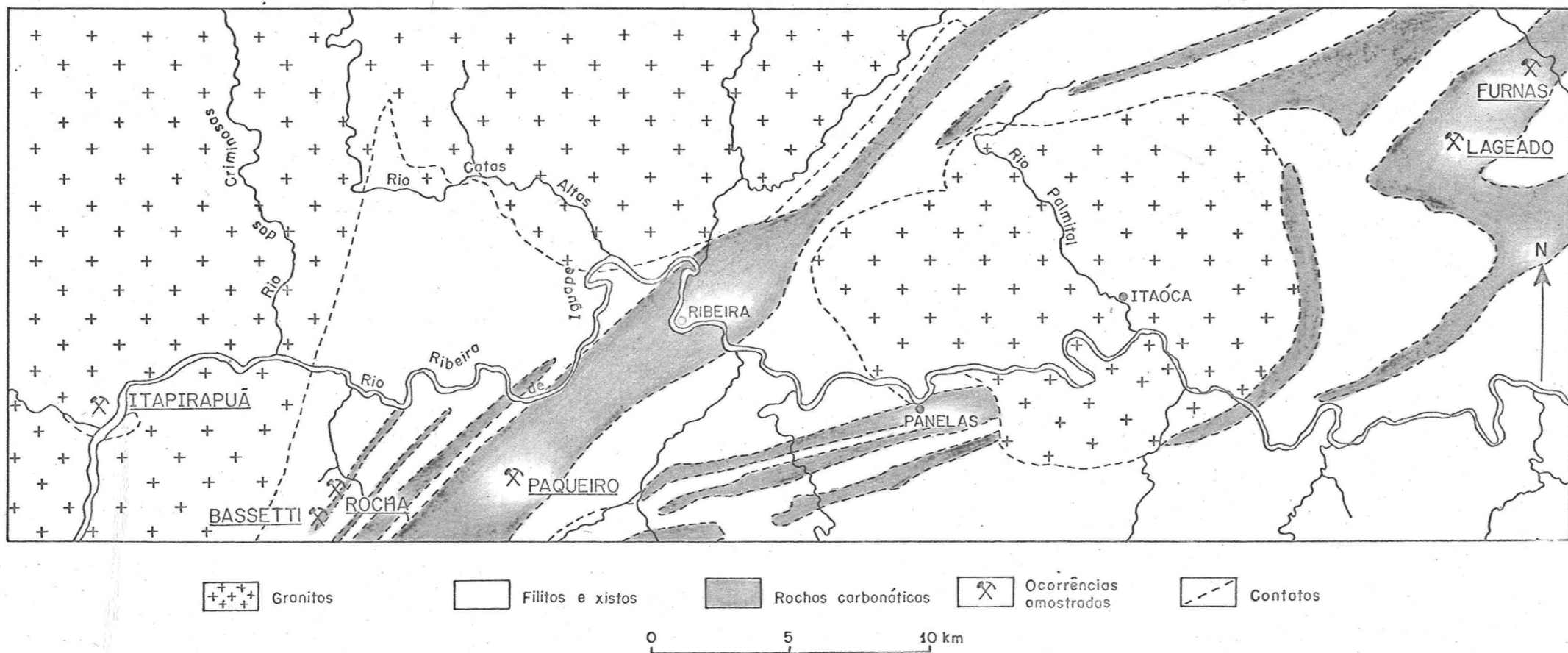


Figura 20 - Situação geográfica e geológica das jazidas e ocorrências amostradas para a determinação isotópica. (Geologia segundo Melcher, 1956; Melfi e outros, 1965 e Comissão da Carta Geológica do Est. do Paraná, 1965).

forneceu idade K/Ar de 580 m. a., indicando provavelmente a idade do primeiro metamorfismo. A idade do nefelina gabro, descrito no Capítulo V, é de 180 m. a. (comunicação pessoal do geólogo U. Cordani).

As relações isotópicas calculadas, representadas na Tabela VI, permitem definir o Pb contido nas amostras analisadas como "ordinary lead, B - type", segundo Holmes e Houtermans (1946), e "conformable lead" segundo Russell e Farquhar (1960 a). A Figura 21 mostra a concordância dos valores do vale do Ribeira com a curva de "chumbo conforme" desses autores.

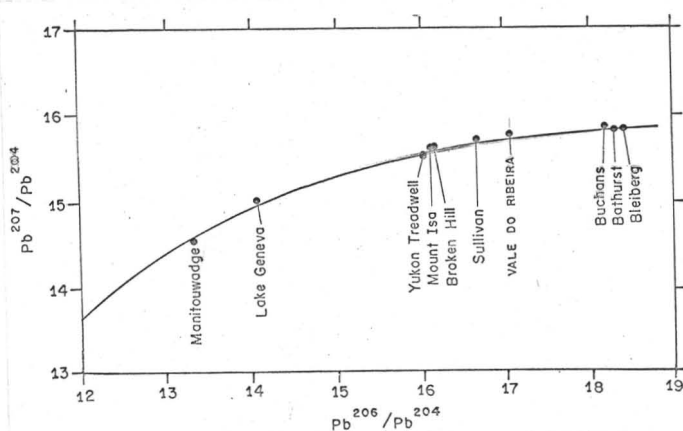


Figura 21 - Curva do Pb "conforme" (Russell et al., 1960 a) mostrando a concordância dos valores obtidos no vale do Ribeira.

O grupo principal de jazidas - Paqueiro, Furnas, Rocha e Bassetti - tem idade Pb/Pb, calculada segundo os modelos anteriormente citados, da ordem de 1.100 m. a., com variações desprezíveis. A ocorrência de Itapirapuã tem, entretanto, idade Pb/Pb calculada em 470 m. a., concordante com a idade K/Ar dos granitos encaixantes dessa mineralização. Esse fato permite supor uma gênese diferente para essa ocorrência associada aos granitos. A idade mais recente em relação às demais jazidas, pode também ter sido causada pela adição de Pb radiogênico derivado de tório e terras raras que ocorrem na região (Pierson e outros, 1957). Melcher (comunicação pessoal) acredita, contudo, que os minerais de Th e terras raras, sempre associados à fluorita, pertençam à paragênese das rochas alcalinas

TABELA VI

Relações isotópicas e idades Pb/Pb de galenas do Distrito Mineral do Vale do Rio Ribeira

AMOSTRA Nº	LOCALIZAÇÃO	COMPOSIÇÃO ISOTÓPICA DO CHUMBO				Idades em milhões de anos		Kuovo (com. pessoal)
		204	206	207	208	Holmes-Houtermans (1946)	Russell e Farquhar (1960)	
4	Rocha	1,00 1,40	17,14	15,78	37,57	1090 ± 109	1103 ± 110	1090
5	Lageado	1,00 1,40	17,07	15,78	37,57	1130 ± 113	1157 ± 115	1060
6	Paqueiro Fl	1,00 1,40	17,00	15,78	37,64	1170 ± 117	1200 ± 120	1125
7	Paqueiro Bis	1,00 1,50	15,80	14,80	35,06	1040 ± 104	1310 ± 131	1180
8	Paqueiro Fl	1,00 1,40	17,07	15,85	37,57	1200 ± 120	1210 ± 121	1125
9	Paqueiro Bis	1,00 1,50	15,80	14,80	35,13	1040 ± 104	1310 ± 131	1215
10	Bassetti	1,00 1,40	17,00	15,78	37,64	1180 ± 118	1200 ± 120	1040
11	Furnas	1,00 1,40	17,07	15,85	37,50	1200 ± 120	1210 ± 121	1040
12	Itapirapuã	-	-	-	-	-	-	470

Porque não analisar o amostra 12?

Está aplicada a pay seguinte, mas não justificada.

(Gomes, 1967) e não dos granitos do Itapirapuã. Essa ocorrência parece, portanto, ter gênese diferente das demais, embora tenha sido efetuada uma única determinação, que produziu bom espectrograma.

Além disso, a ocorrência de Itapirapuã possui características geológicas (Barbosa e Guimarães, 1946; Melcher, 1956) e mineralógicas (Camargo, 1945) diferentes das demais jazidas.

Infelizmente não foi possível contar, pelo menos por enquanto, com análise isotópica do Pb da jazida de Panelas, de grande importância nesse estudo, devido à sua localização geológica.

A precisão dessas idades, considerando-se o modelo correto, é da ordem de 10%. Erros consideráveis são causados pela incerteza da relação $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ em minerais com idades inferiores a 500 m. a. Minerais mais antigos fornecem, contudo, idades mais dignas de confiança (Kulp, e outros, 1955). Idades da mesma ordem de grandeza e em jazidas com características semelhantes são conhecidas na série Greenville, na região Balmat (Doej, 1962) - Edwards (Brown e Kulp, 1959), bem como no distrito de Coeur D'Alene (Long, e outros, 1960). Idades mais antigas são conhecidas na Rodésia do Sul, indicando um período de mineralização ao redor de $2,2$ a $2,5 \times 10^9$ anos (Bate e Kulp, 1955).

2. Provável gênese dos depósitos minerais de chumbo do distrito do vale do Ribeira

O estudo das composições isotópicas e as idades calculadas pelo método Pb/Pb permitiram formular algumas hipóteses sobre a gênese da mineralização da mina do Paqueiro e das demais jazidas e ocorrências amostradas para esse estudo.

A idade de 510 m. a., determinada pelo método K/Ar para os granitos da região, representa a idade mínima do metamorfismo ou do último evento termal que afetou as rochas do Grupo Açungui. A idade do Pb das jazidas do distrito do vale do Ribeira, exceto a ocorrência de Itapirapuã, calculada pelas relações isotópicas desse elemento, é de 1.100 m. a.. Essas diferenças de idades, entre o chumbo e as rochas ácidas, não permitem mais sustentar a hipótese de uma simples intrusão granítica com derivação hidrotermal, responsável pela minera

lização. Devem ser consideradas, portanto, as seguintes possibilidades:

a. Deposição singenética e posterior remobilização (Long e outros, 1960) e concentração do chumbo, respeitando, provavelmente, a seguinte seqüência de eventos:

- deposição dos sedimentos do Grupo Açungui contendo traços de Pb;
- metamorfismo e intrusão dos granitos tipo Pirituba;
- remobilização e concentração do Pb.

Algumas ressalvas devem ser feitas, no entanto, à hipótese singenética, pois não se conhece a composição isotópica do chumbo contido nos granitos. As possibilidades de contaminação ou de ser anômalo o Pb das jazidas estudadas são bastantes remotas.

A posição e o zoneamento vertical observados na distribuição do Pb, nas rochas da região, indicam que, se foi originalmente singenético, atualmente é epigenético nos calcários. Essas rochas não foram, provavelmente, a fonte original do Pb.

b. Derivação do chumbo de uma fonte desconhecida, pois não se sabe exatamente a idade de deposição dos sedimentos. São também desconhecidas evidências de polimetamorfismo no Grupo Açungui. A fonte da mineralização poderia estar localizada no embasamento ou na parte inferior desse pacote metassedimentar.

Os estudos das idades de Pb e de algumas rochas da região, embora, em número ainda insuficiente, permitiram formular novas hipóteses sobre a gênese da mineralização no vale do Ribeira, contrariando a filiação magmática dos depósitos minerais aos granitos da região. A regularidade, constância e homogeneidade das relações isotópicas permitem, ainda, supor as mesmas condições de gênese e a derivação de uma mesma fonte para tôdas as jazidas estudadas. Exceção deve ser feita, entretanto, à ocorrência de Itapirapuã, onde a idade do Pb concorda com a dos granitos associados. Considerando-se a idade do Pb dessa ocorrência, com as ressalvas enumeradas na página 44, pode-se supor a existência de pelo menos duas mineralizações diferentes no vale do Ribeira.

X - PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA

1. Prospecção geoquímica em solos

Uma campanha de prospecção geoquímica de chumbo em solos foi efetuada, visando localizar novos indícios de mineralização no prolongamento dos filões já conhecidos. A amostragem foi efetuada nas áreas situadas a Leste e a Oeste desses filões, localizados aproximadamente no centro da região estudada (Mapa 1). Foram coletadas 1.200 amostras de solo em cerca de 9,5 km de perfis perpendiculares à atitude geral média dos calcários.

Praticamente toda a região é coberta por camada de solo residual com espessura média de 2 m. Nas cristas e na base das encostas pode atingir 5 m, fato exemplificado no perfil abaixo (Figura 22).

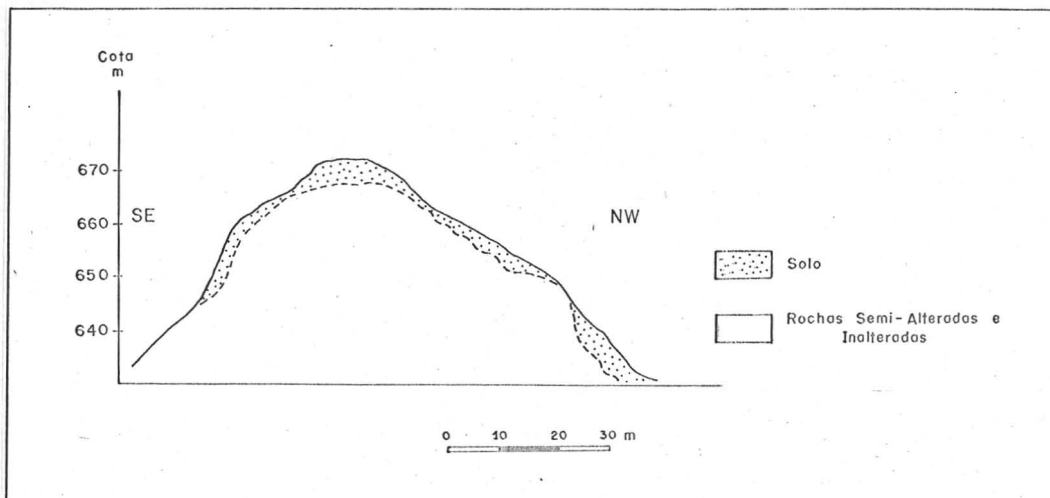


Figura 22 - Seção esquemática, mostrando a variação da espessura do solo em trincheira aberta, ao longo do perfil P-13.

Sendo, portanto, muito raros afloramentos de rocha inalterada e reduzidíssima a probabilidade de aflorarem os corpos mineralizados, decidiu-se aplicar o método indireto da prospecção geoquímica, para verificar a eventual existência de estruturas mineralizadas sob o manto de intemperismo. Esse método, já aplicado com sucesso em pesquisas minerais no distrito do Ribeira (Melcher, 1960), é de fácil execução, rápido e de baixo custo.

Além disso, os trabalhos de prospecção geoquímica na área da mina do Paqueiro tiveram por objetivo a investigação detalhada da distribuição de traços de chumbo, em solos nas condições locais de mineralização e de intemperismo, esperando-se que o melhor conhecimento dessa distribuição constitua subsídio ao planejamento e execução de prospecção geoquímica em outras ocorrências minerais na região.

a) amostragem

A coleta de amostras de solo foi efetuada em perfis de direção N30°W, distanciados entre si de 30 m, normais à atitude

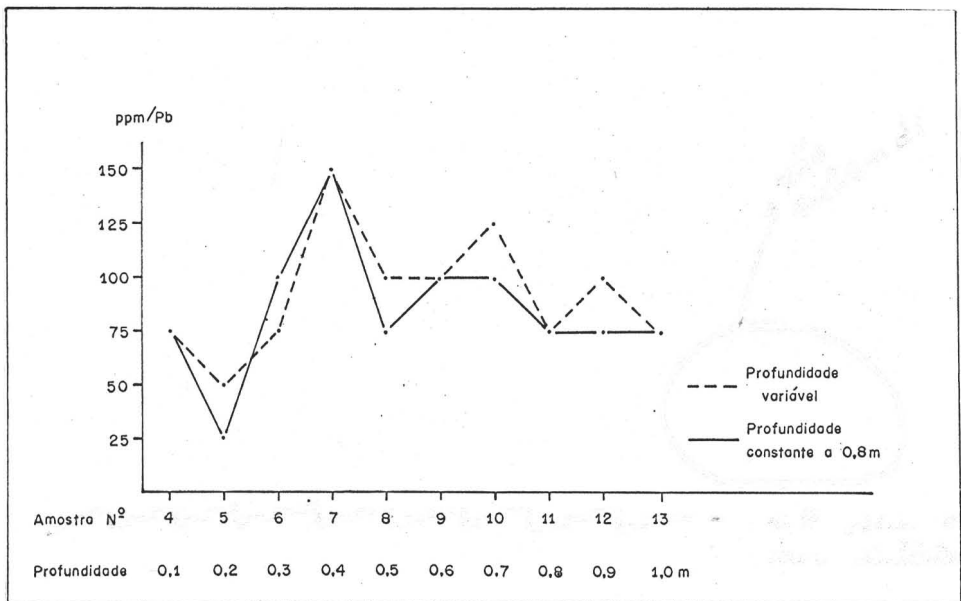


Figura 23 - Variação do teor em Pb com a profundidade em relação a 0,8 m. Anomalia fraca com contraste de 5 X.

média predominante dos calcários, tomando-se por linha base a estrada do Ribeirão do Rocha. Ao longo dos perfis foram retiradas amostras a cada 10 m, a uma profundidade média de 0,8 m, com trado manual de 1 polegada. O intervalo de 10 m usado na amostragem foi considerado sem correção de topografia; além disso, algumas amostras foram

deslocadas de 1 a 2 m do local exato em que deveriam ser coletadas, devido à ausência de solo. Dêsses fatos decorrem os erros de localização dos resultados obtidos, representados no Mapa 1. Cada dezena de amostras foi marcada com um piquê, posteriormente usado para verificações e localização das anomalias no terreno. Foram coletadas em média 80 amostras por dia, com equipe constituída por três pessoas.

A profundidade de 0,8 m adotada na amostragem foi suficiente para ultrapassar a camada superficial de solo orgânico. Amostras coletadas no mesmo local, a 0,8 m e a profundidades maiores ou menores do que essa, mostram variações no teor de Pb raramente superiores a 30%, principalmente em áreas de anomalias fracas (Figura 23).

Em locais de anomalias maiores, entretanto, os teores em chumbo variam consideravelmente, tendendo a aumentar com a profundidade (Figura 24) êsses valores são, contudo, erráticos.

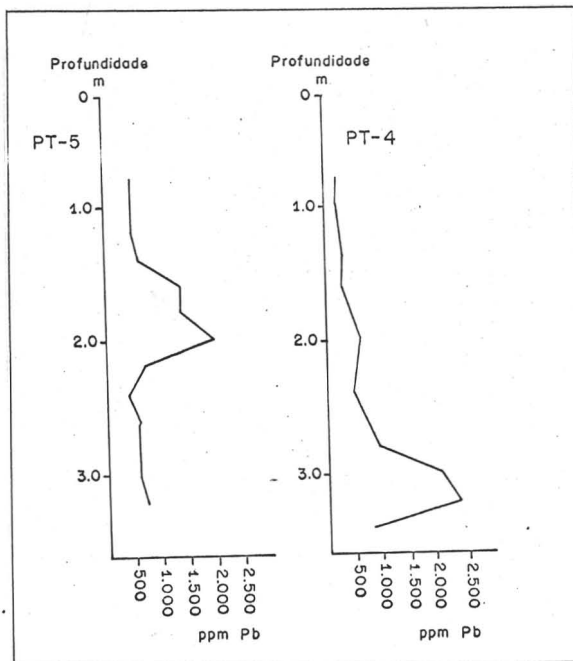


Figura 24 - Variação do conteúdo de Pb em solos, em função da profundidade, em região de anomalias fortes. P-12 (vide Mapa 1).

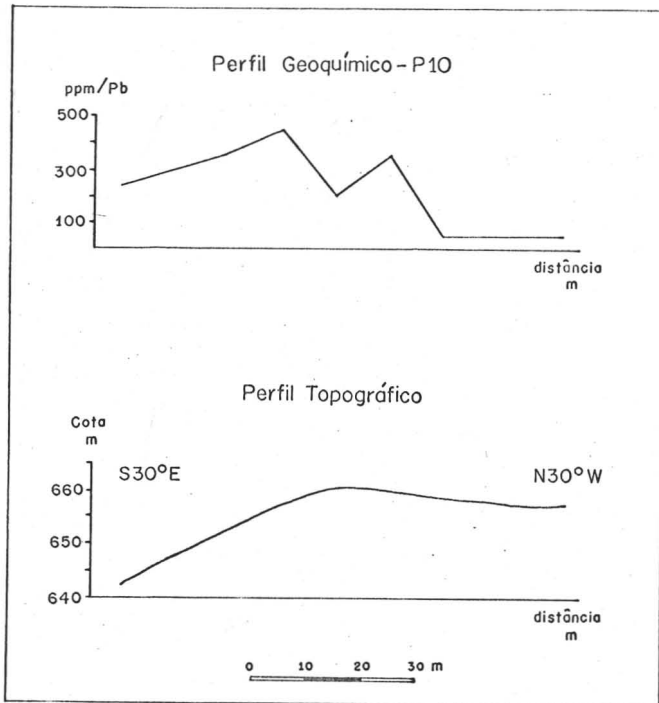


Figura 25- Perfil topográfico e geoquímico mostrando anomalia de contraste 16 X e amplitude de 50 m.

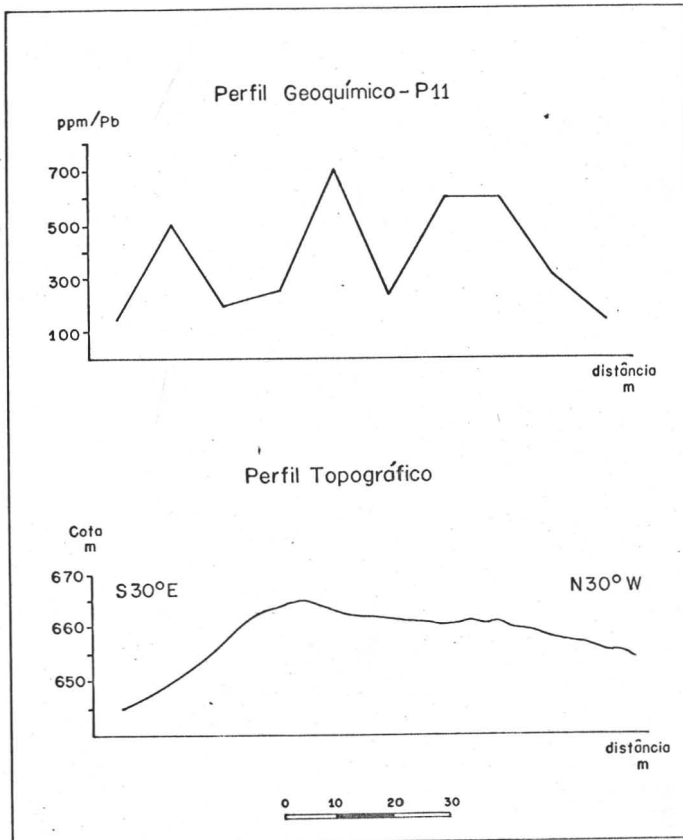


Figura 26 - Perfil topográfico e geoquímico mostrando anomalia de contraste 28 X e amplitude de 100 m. A extensão lateral dessa anomalia é de cerca de 200m.

O "back-ground" de chumbo das rochas da região é de cerca de 25 a 30 ppm Pb.

O espaçamento de 10 x 30 m usado entre pontos de amostragem foi considerado suficiente para a localização de anomalias de limitada importância, de contrastes um pouco maiores que 10 x. A Figura 25 exemplifica anomalia com contraste um pouco maior que 10 x, apresentando amplitude e extensão lateral de 40 a 60 m.

Anomalias maiores, com contrastes de 60 a 80 x têm amplitude e extensão lateral de 150 a 200 m (Figura 26 e Mapa 1). Essas anomalias correspondem frequentemente a filões mineralizados de interesse econômico.

Os critérios usados na amostragem foram considerados representativos para prospecção geoquímica (Miesch e Connor, 1964; Langford, 1965). Melcher (1960) aplicou critérios semelhantes em campanha regional de prospecção geoquímica no vale do Ribeira, tendo obtido resultados satisfatórios. Além disso, esses critérios foram confirmados pela dosagem de milhares de amostras, notando-se variações desprezíveis.

b) preparação das amostras para dosagem

As amostras de solo coletadas para a dosagem geoquímica de Pb, transportadas para o laboratório, foram previamente secas em estufa, durante 24 horas a 60°C. Após a secagem, foram homogeneizadas em almofariz de porcelana para eliminar as diferenças maiores de granulação. Através desse procedimento, 45% da amostra para a dosagem apresentava-se com granulação inferior a 0,074 mm.

c) métodos analíticos

As análises de chumbo foram efetuadas por dois métodos diferentes: colorimetria e espectrometria de raios X. A colorimetria foi o método mais intensivamente aplicado, tendo sido dosadas cerca de 1.200 amostras. Por espectrometria de raios X foram analisadas cerca de 60 amostras, que tiveram a finalidade de demonstrar a possibilidade de aplicação desse método em pesquisas de jazidas naque la região.

Colorimetria

A dosagem por via úmida foi executada pelo método descrito por Ward e outros (1963), ligeiramente modificado. As principais modificações efetuadas nesse método foram a simples digestão da amostra em HCl 1:1, substituindo a fusão, e a eliminação do cloridrato de hidroxilamina da solução complexante. Após algumas experiências iniciais, adotamos a digestão da amostra em HCl 1:1, o que tornou a dosagem muito mais rápida. Melcher (1960) usou digestão em HCl 1:5. Os resultados obtidos por simples digestão das mesmas amostras de solos, em HCl 1:1 e fusão com bissulfato, diferem entre si de 10 a 15%, em média. Os resultados apresentados nesse trabalho representam, portanto, os teores parciais de Pb nos solos.

A eliminação do cloridrato de hidroxilamina em algumas dosagens (Canney e Nowlan, 1964) foi outra modificação do método usado pelo USGS, onde o uso desse reagente é recomendado para evitar a decomposição da ditizona. Possui, contudo, forte ação solubilizante, aumentando consideravelmente a quantidade de metal solubilizado, especialmente na presença de manganês. Nas análises efetuadas com ou sem hidroxilamina não foram notadas diferenças de teor. Esse fato permite, portanto, simplificar ainda mais a dosagem geoquímica de Pb em solos da região.

Em vista dos teores encontrados nas experiências iniciais, foram usados padrões contendo 50, 100, 200, 300, 400 e 500 ppm Pb (partes por milhão de chumbo). Cuidados especiais foram tomados durante as análises, devido às propriedades tóxicas dos reagentes usados (Bloom, 1963).

Diariamente foram analisadas, em média, cerca de 90 amostras por pessoa não especializada.

Espectrometria de raios X

Cerca de sessenta amostras de solos foram analisadas por espectrometria de raios X, graças à colaboração da INBELSA - Indústria Brasileira de Eletricidade S/A. Nas determinações foi utilizado espectrômetro de raios X, modelo PW 1540, marca Philips, com cristal analisador de LiF, $2\theta = 33, 90^\circ$, raia $Pb \alpha_1$ e cintilô-

metro. A curva de calibração, representada na Figura 27, foi determinada com amostras de solos analisadas por colorimetria, com teores de Pb variando de 100 a 2500 ppm. Os resultados apresentados contêm, portanto, erros devidos não apenas ao próprio método, como aos valores usados na construção da curva de calibração, na impossibilidade de contarmos com análises mais precisas. As amostras analisadas não foram também classificadas na granulação ideal para a aplicação do método.

TABELA VII

Comparação entre resultados obtidos na determinação do teor em Pb por colorimetria e espectrometria de raios X

AMOSTRA	CONTAGENS	TEOR EM Pb espectrometria	TEOR EM Pb colorimetria
Pg 16-32	1503	480 ppm	650 ppm
Pg 16-33	1064	330	500
Pg 16-34	710	210	450
Pg 16-35	420	120	100
Pg 16-30	576	180	400 (?)
Pg 16-31	980	300	250
Pg 16-37	261	70	100
Pg 16-38	218	50	100
Pg 16-39	184	40	50
Pg 16-40	308	80	100
Pg 16-41	190	45	50
Pg 16-43	224	60	100
Pg 16-44	131	30	175 (?)
Pg 16-45	119	20	100 (?)
Pg 16-46	174	45	50
Pg 16-47	152	40	50
Pg 16-48	159	40	50

Nos resultados obtidos, representados na Tabela VII, verificam-se algumas diferenças entre a espectrometria de raios X e a colorimetria. As anomalias de Pb em solos são, contudo, notadas facilmente, demonstrando a possibilidade de aplicação do método em prospecção geoquímica na região. A principal vantagem desse procedimento reside na rapidez, tendo sido gastos 64 s na dosagem de cada amostra. Esse método poderia ser muito mais rápido, caso fosse eliminada a necessidade de prensagem das amostras, o que acarreta grande perda de tempo. Poderiam, portanto, ser executadas cerca de 350 determinações num dia normal de trabalho, enquanto que, por colorimetria, são obtidas no máximo uma centena de dosagens.

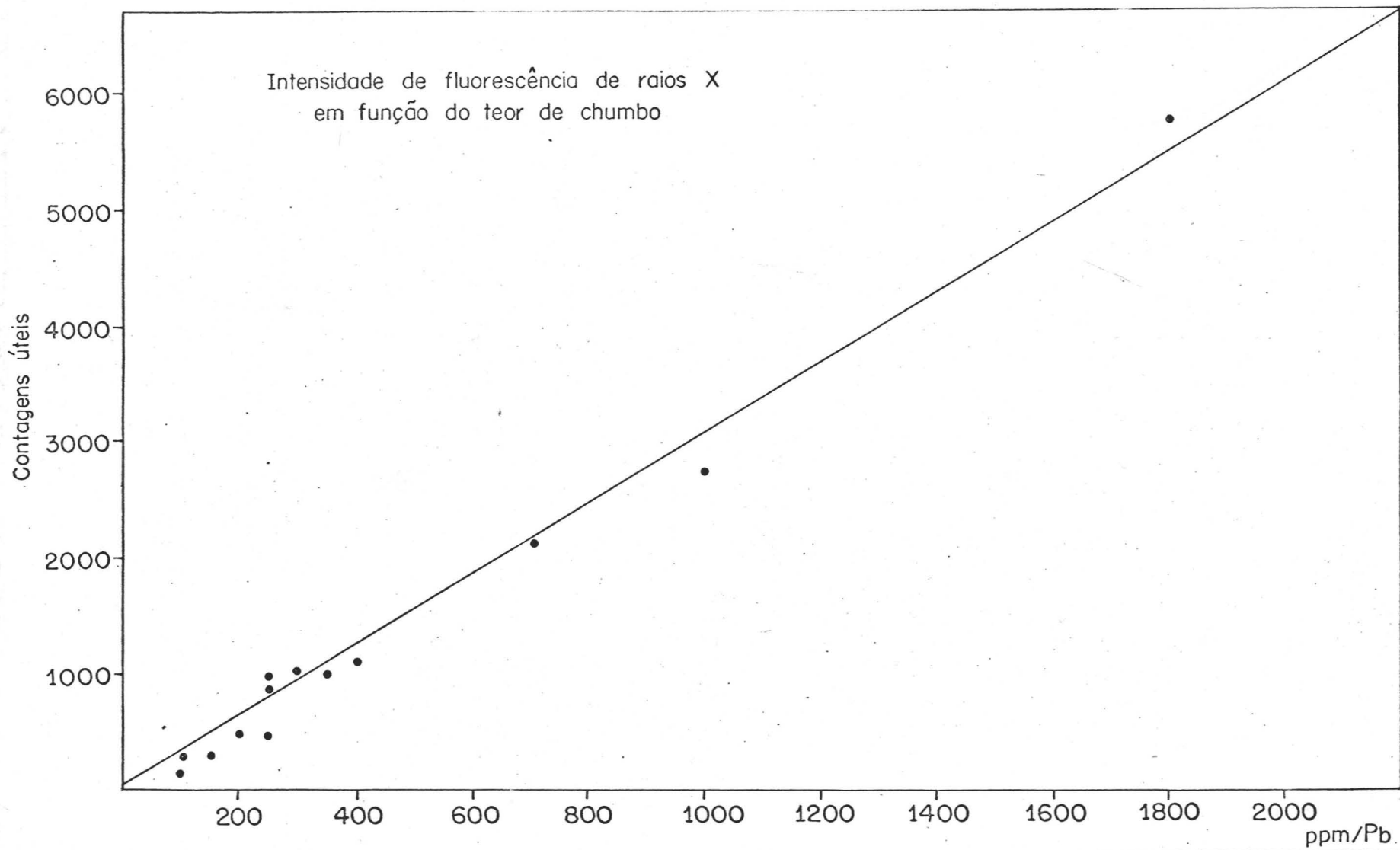


Figura 27 - Curva da intensidade de fluorescência de raios X em função do teor em Pb.

Os resultados obtidos na determinação de Pb contido em solos por espectrometria de raios X, embora ainda em número bastante reduzido e com precisão desconhecida, evidenciam a possibilidade de aplicação do método em nosso país, em pesquisas de prospecção geoquímica.

2. Prospecção geoquímica em rochas

Além da dosagem de Pb em solos, foram efetuadas análises do mesmo elemento em rochas coletadas nas proximidades da mina do Paqueiro. Essas determinações tiveram a finalidade de demonstrar a aplicabilidade do método já usado com sucesso em pesquisas semelhantes, em outras regiões do mundo (Hawkes, 1957; Hawkes e Webb, 1962). Alguns resultados de interesse prático foram obtidos em amostras de calcários da região do Paqueiro, enquanto que os demais resultados apresentados na Tabela VIII têm significado restrito.

TABELA VIII

Teores em Pb obtidos na análise de rochas da mina do Paqueiro

Localização	Rocha	ppm Pb	Observações
cota 625m	calcário	0 - 25	
superfície	chapéu-de-ferro	200	
nível 545m	calcário c/pi	0 - 25	
nível 545m	xisto c/pi	0 - 25	
nível 545m	básica alterada	1.800	corta a mineralização
nível 590	calcário	0 - 25	
nível 590m	xisto	1.600	3 m do filão

O procedimento usado foi idêntico ao da dosagem de Pb em solos, fazendo-se a digestão da amostra em 10 ml de HCL 1:1, especialmente em calcários.

Os resultados obtidos, relacionados na tabela acima, mostram teores altos de Pb, em rochas que cortam ou que constituem as encaixantes dos filões. A amostra de chapéu-de-ferro analisada contém cerca de 200 ppm Pb e representa uma das evidências superficiais da mineralização. Algumas amostras desse mesmo material coletadas

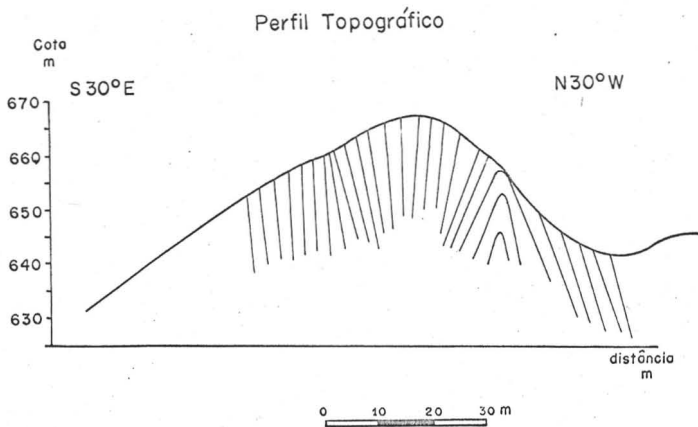
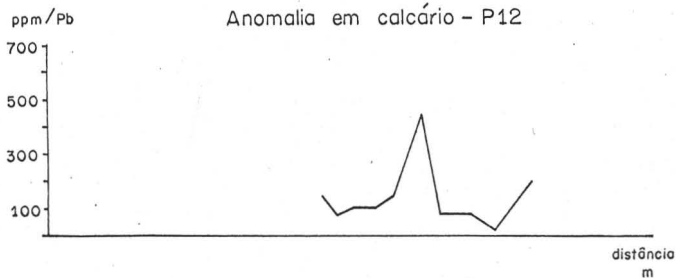
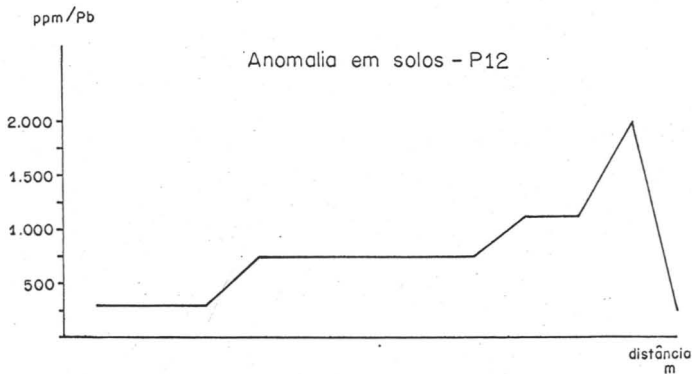


Figura 28 - Gráficos mostrando anomalias geoquímicas de Pb em solos e em calcários em amostras coletadas no mesmo perfil topográfico.

em outros locais revelaram teores bem mais elevados do que o determinado na região do Paqueiro, atingindo até 5.000 ppm Pb (Boletim de análises da PLUMBUM S/A).

A Figura 28 mostra os resultados obtidos na dosagem de Pb em calcários, coletados em trincheira aberta na superfície, para a verificação de anomalia geoquímica encontrada em solos (Perfil P 12, Mapa 1 e Figura 28). A anomalia máxima observada nos calcários foi de 400 ppm Pb, localizada na crista da elevação ali existente. A mesma figura mostra também o correspondente perfil geoquímico de solos, com anomalia da ordem de 2.000 ppm Pb, deslocada da posição correta por efeito da topografia. A prospecção geoquímica em calcários eliminou a influência da topografia no deslocamento das anomalias, permitindo a sua melhor localização no terreno.

Os resultados preliminares obtidos demonstram a importância do método em regiões mineralizadas como o vale do rio Ribeira, tornando-se, contudo, necessário o desenvolvimento de técnicas mais racionais de dosagem.

3. Resultados obtidos

Os resultados obtidos na prospecção geoquímica, na mina do Paqueiro, estão representados no Mapa 1. Verifica-se e existência de anomalias em cerca de uma dezena de perfis, consideradas de importância, excluindo-se a área central mineralizada já conhecida. Os teores encontrados nessa área central mostram-se erráticos em alguns locais, devido em grande parte à contaminação com material extraído do interior da mina.

Na execução dessa pesquisa, consideramos como anomalias os valores acima de 200 a 300 ppm, ou seja, cerca de 8 a 10 vezes o conteúdo normal médio em Pb nas áreas estéreis, que é de 25 ppm. O contraste de 8 a 10 vezes foi escolhido, pois a região estudada é mineralizada, sendo bastante frequentes contrastes menores, que parecem constituir um "back-ground" local.

As anomalias geoquímicas mais importantes, encontradas nessa pesquisa, localizam-se a W e a E, no prolongamento das encaixantes e dos filões conhecidos. Essas anomalias, com cerca de 2.000 ppm, foram verificadas com abertura de trincheiras, tendo sido encontrados dois filões mineralizados. Na área E, o filão encon-

trado tem 0,8 m de espessura e teor de 1% Pb, constituído de limonita e minerais oxidados de chumbo. Em oportunidade futura serão executados trabalhos subterrâneos de pesquisa, para a melhor verificação dessa mineralização em profundidade, pois o teor indicado na superfície é baixo para despertar interesse econômico imediato. Essa anomalia estende-se lateralmente cêrca de 200 m, e não foi ainda verificada em tôda a sua extensão.

A verificação da anomalia, situada a W da área mineralizada, indicou a existência de um filão com a mesma espessura do descrito anteriormente (Figura 3). Mostrou-se, contudo, mais promissor que aquêle, pois, além de minerais oxidados, ocorre uma faixa central de galena, com cêrca de 10 cm de espessura.

Outros perfis mostram anomalias altas, porém, ainda não verificadas por trabalhos de superfície.

A descoberta dêsses novos indícios de mineralização na região do Paqueiro, através de prospecção geoquímica, demonstrou mais uma vez sua utilidade em pesquisas minerais, naquela região do distrito mineral do rio Ribeira.

XI - POSSIBILIDADES FUTURAS DA MINA DO PAQUEIRO

Na avaliação das possibilidades futuras da mina do Paqueiro devem ser considerados os seguintes fatores: a possibilidade da ocorrência de outros filões na mesma área, a continuidade da mineralização já conhecida e os teores do minério atualmente explorado.

Em todo distrito mineral do vale do Ribeira é comum a existência de vários filões associados. Esse fato pode ser exemplificado pela jazida de Painelas, onde durante as atividades de mineração e em pesquisas adicionais foram localizadas outras mineralizações de interesse econômico. Nessa jazida, inicialmente, eram explorados apenas dois filões e hoje, no entanto, são conhecidos cinco. Com as reservas praticamente esgotadas, essas descobertas permitiram a continuidade das atividades de mineração. O mesmo ocorreu no Paqueiro onde era conhecido apenas o filão I, sendo posteriormente localizado o filão Bis. Considerando essa característica da mineralização de Pb, na região é provável a existência de outras concentrações de minerais na área do Paqueiro.

Afloramentos de minerais de chumbo ou evidências indiretas da sua presença são bastante raras. Dificilmente podem ser observados blocos de chapéu-de-ferro, que mesmo quando ocorrem, raramente estão "in situ". O filão Bis foi localizado por sondagens, pois não apresenta evidências na superfície, provavelmente cobertas por solo, bastante espesso nas encostas das elevações. Por outro lado o filão I, situado numa crista, onde parece ter sido mais intensa a erosão, encontra-se bem exposto. Em outras jazidas da região, como em Panelas, ocorre o mesmo: dentre os cinco filões conhecidos nessa mina, apenas dois afloram na superfície. Considerando êsses fatos não deve ser excluída também a hipótese de inexistirem afloramentos, pois os filões mineralizados, devido as irregularidades que apresentam, podem se afunilar ou mesmo desaparecer próximo à superfície.

Na região do Paqueiro, além dos filões atualmente em exploração, existem outros três afloramentos de minerais de chumbo, ainda pouco conhecidos do ponto de vista geológico. Podem, contudo, ser considerados como possíveis reservas. Além disso, existem pelo menos uma dezena de anomalias geoquímicas, encontradas durante a execução desse trabalho, a serem verificadas.

Em segundo lugar deve ser analisada a possibilidade da continuidade dos dois filões conhecidos, lateralmente ou em profundidade. A continuidade lateral é perfeitamente possível. No Mapa 2 anexo nota-se, no nível 545 m, que o filão Bis torna-se menos espesso e desaparece em alguns locais. Na extremidade Este, desse nível, pode-se verificar que a mineralização vai desaparecendo gradativamente transformando-se em simples fratura. Nada impede, entretanto, que a mineralização volte a ocorrer um pouco mais adiante. Esse fato é comprovado pela prospecção geoquímica, pois as duas principais anomalias encontradas localizam-se exatamente no prolongamento da direção dos filões conhecidos.

A continuidade da mineralização em profundidade parece remota, pois, os níveis inferiores da jazida situam-se próximos do nível freático, indicando a presença iminente da zona primária. Os teores de metal nessa zona provavelmente não sejam mais economicamente exploráveis, pois foi constatada a influência dos fatores supergenos no enriquecimento e aumento da possança dos filões. A possibilidade da continuidade em profundidade é também limitada pela intensa percolação de água nos calcários encaixantes, o que pode causar

transtornos à mineração. O plano inclinado existente no nível 545 m (Mapa 2), traçado para atingir o filão I abaixo dessa cota, encontra-se totalmente inundado.

O zoneamento na distribuição de minerais, principalmente de Zn, com teores ainda baixos, da ordem de 0,5% é argumento favorável à continuidade da mineralização em profundidade. Uma comparação pode ser feita com a jazida de Furnas, onde os teores de Zn são muito mais elevados, sobrepujando os de Pb. Nessa jazida a zona de oxidação é de 100 m, enquanto no Paqueiro é apenas de 45 m, aproximadamente.

Outro fato a ser considerado na avaliação das possibilidades da mina do Paqueiro é o teor do minério atualmente produzido. O teor médio de 9,3% Pb, mesmo considerando as condições locais, é bastante elevado. Se o teor médio fosse da ordem de 5% Pb, o mínimo exigido para a metalurgia naquela região, as reservas da mina do Paqueiro poderiam ser consideravelmente aumentadas, em cerca de 50%.

As possibilidades futuras da mina do Paqueiro parecem, portanto, se restringir à descoberta de novos filões mineralizados na mesma área ou na continuação dos já conhecidos. São mais remotas as possibilidades de sua continuidade em profundidade.

XII - CONCLUSÕES

1. A jazida do Paqueiro é constituída por dois filões subparalelos, encaixados em calcários escuros pertencentes ao Grupo Açungui. Ambos constituem depósitos de substituição, tendo-se localizado numa fratura discordante cerca de 20° da estratificação dos calcários encaixantes.

2. A forma dos filões é a de um estrato irregular, com direção média geral de N60°E e mergulhos acima de 70° para NW ou SE. A sua maior dimensão apresenta caimento de 50° E. O comprimento do filão Bis é de 60 m, enquanto o do filão I é de 30 m. A espessura média é de 1 m. São conhecidos, no mínimo, em 45 m na vertical, prolongando-se até profundidade desconhecida.

3. Os contatos da mineralização com as encaixantes são irregulares e perfeitamente definidos, não ocorrendo impregnações das paredes. A zona de contato, nos níveis superiores, não deve

corresponder à superfície original do depósito, e a espessura e teores atuais dos filões devem ser consideravelmente maiores em razão dos fenômenos supérgenos.

4. Falhas de direção NW seccionaram a mineralização em alguns locais, provocando pequenos deslocamentos dos filões. Não se exclui a possibilidade da existência de um falhamento pré-mineralização, responsável pelo deslocamento da fratura, onde se localizam, posteriormente, os filões I e Bis.

5. A composição mineralógica primária dos filões é a seguinte: galena, pirita, calcopirita, esfalerita e arsenopirita. Os minerais oxidados são os seguintes: limonita, cerusita, piromorfita, covelina e malaquita. Quartzo, calcita e dolomita representam os minerais de ganga. Essa associação mineralógica permite classificar a jazida como mesotermal.

6. Observa-se nítido zoneamento lateral de minerais, principalmente de galena e pirita. Um zoneamento vertical no teor de zinco pode ser sugerido.

7. Os fenômenos de alteração das paredes que ocorreram na jazida do Paqueiro foram silicificação e dolomitização. Os calcários encaixantes foram também intensamente fraturados e injetados por veios de quartzo e de calcita. A zona de alteração de paredes atinge 0,8 m de espessura.

8. Os controles da mineralização devem ter sido horizontes preferenciais de calcários escuros e o fraturamento anterior à mineralização. A mineralização localiza-se, além disso, próxima ao eixo de um anticlinal. As fraturas de direção N40°W não exerceram influência na localização do depósito.

9. A regularidade e constância das relações isotópicas do chumbo contido em galenas de algumas jazidas da região permitem supor condições homogêneas de gênese e derivação de uma única fonte.

10. A idade da mineralização da jazida do Paqueiro e de outras jazidas da região é de cerca de 1.000 m. a., calculada pelas relações isotópicas do chumbo.

11. A discrepância entre as idades calculadas pelas relações isotópicas do chumbo e a idade dos granitos tipo Pirituba, mais jovens, divorcia a derivação da mineralização dessas rochas.

12. As idades Pb/Pb sugerem origem singenética da mineralização nas jazidas estudadas ou sua derivação de fonte desconhecida mais antiga, não excluindo, contudo, a possibilidade de remobilização e concentração, durante o metamorfismo do Grupo Açun gui, e intrusão dos granitos.

13. As duas idades diferentes de chumbo, uma com 1.100 m. a. e outra mais recente com 470 m. a., podem talvez significar a existência de duas idades de mineralização de chumbo na região. A idade mais recente, concordante com a idade dos granitos, deve ser porém, encarada com reservas, pois pode ser anômala e devida à adição de chumbo radiogênico.

14. A prospecção geoquímica em solos mostrou-se importante método de pesquisas minerais na região, tendo sido encontrados, através dele, pelo menos dois novos indícios de interesse econômico na área do Paqueiro.

15. A dosagem do chumbo em solos por espectrometria de raios X produziu bons resultados, sendo mais rápida que o método colorimétrico.

16. O estudo da distribuição dos teores de chumbo, com a profundidade de amostragem, revelou que em áreas de anomalias baixas o conteúdo desse elemento varia em cerca de 30%.

17. A prospecção geoquímica em calcários mostrou-se importante, eliminando a influência da topografia na localização das anomalias.

18. As possibilidades futuras da mina do Paqueiro parecem se restringir à descoberta de novas áreas mineralizadas.

XIII - BIBLIOGRAFIA

- AMARAL, G. (1966) - Isótopos de chumbo e gênese das jazidas de Vazante e Itacarambi. - Trabalho apresentado ao XX Congresso Brasileiro de Geologia, Publicação nº 1, pp. 45-46.
- BARBOSA, A. F. (1955) - Estrutura e gênese da jazida de chumbo de Furnas, Estado de São Paulo - Tese de concurso de Livre-Docência da Cadeira de Jazidas Mineraias, Legislação de Minas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- BARBOSA, A. F. (1956) - Algumas observações sobre a jazida de chumbo de Panelas, Estado do Paraná - Bol. Soc. Bras. de Geologia, v. 5, nº 2, pp. 51-76.
- BARBOSA, A. F. e GUIMARÃES, J. E. P. (1946) - Contribuição ao conhecimento da província metalogenética da região do Ribeira, Estado de São Paulo - Anais do II Congresso Panamer. de Engenharia de Minas e Geologia, v. II, pp. 35-100.
- BARBOSA, O. (1941) - Geologia e Petrologia da região de Apiaí, Estado de São Paulo - Tese de Concurso da Cadeira de Geologia, Petrografia e Mineralogia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- BATE, G. L. e KULP, J. L. (1955) - Isotopic composition of common lead from Southern Africa - Science, v. 122, nº 3177, pp. 970-971.
- BIGARELLA, J. J. (1956) - Contribuição ao estudo dos calcários do Estado do Paraná - Inst. Bio. Pesq. Tecnológicas, Bol. nº 37.
- BIGARELLA, J. J. e SALAMUNI, R. (1959) - Contribuição à geologia da região sul da série Açungui - Anais da Assoc. Geog. Bras., v. 11, nº 1, pp. 63-80.
- BILLINGS, M. P. (1957) - Structural Geology - Prentice Hall, 2ª ed., New Jersey.
- BLOOM, H. (1963) - Toxic properties of several organic solvents used in Geochemical Exploration - Econ. Geol., v. 58, nº6, pp. 1000-1001.
- BROWN, J. S. e KULP, J. L. (1959) - Lead isotopes from Balmat Area, New York - Econ. Geol., v. 54, nº1, pp. 137-139.
- CAMARGO, W. G. R. de (1945) - Morfologia da wulfenita de Itapirapuã - Fac. Fil. Ci. e Letras da USP, Bol. 49, Mineralogia nº 7, pp. 75-78.
- CANNEY, F. C. e NOWLAN, G. A. (1964) - Solvent effect of hydroxylamine hydrochloride in citrate soluble heavy metals test (Discussion) - Econ. Geol., v. 59, nº 4, pp. 721-722.
- CASSEDANE, J. (1954) - Rapport de visite a l'indice de "As Onças" - Relatório inédito da Plumbum S/A.

- CASSEDANE, J. (1956) - Rapport de visite a la Mine de As Onças - Relatório inédito da Plumbum S/A.
- COUTINHO, J.M. V. (1953) - Petrologia da região de São Roque, São Paulo - Fac. Fil. Ci. e Letras da USP, Bol. 159, Mineralogia nº 11, pp. 1-79.
- DAMASCENO, E. C. (1966) - Nota sobre a composição isotópica de chumbo em galenas de jazidas do Vale do rio Ribeira - Trabalho apresentado no XX Congresso Bras. de Geologia, Publicação nº 1, pp. 39-40.
- DERBY, O. (1878) - Geologia da região diamantífera da província do Paraná - Arq. Mus. Nacional, v. 3, pp. 89-96.
- DOE, B. R. (1962) - Relationship of lead isotopes among granites, pegmatites and sulphide ores near Balmat, New York - Jour. Geophys. Research, v. 67, pp. 2895-2906.
- EMMONS, W. H. (1936) - Hypogene zone in metalliferous lodes - 16th. Intern. Geol. Congress Report, v. 1, pp. 417-432.
- FOWLER, G. M. e LYDEN, J. P. (1932) - The ore deposits of the Tri - States District - Am. Inst. Min. Eng., v. 102, pp. 206-251.
- FREITAS, R. O. de (1946) - As jazidas de galena dos ribeirões do Rocha, Matão e Grande em Cerro Azul e Bocaçuva, Estado do Paraná - Eng. Min. e Metal., v. X, nº 57, pp. 139-140; 143-144.
- GOMES, C. B. (1967) - Petrologia do maciço alcalino de Itapirapuã, SP - Tese de doutoramento apresentada à Fac. Fil. Ci. e Letras da USP.
- GUARANY, M. Y. e VELASCO, A. I. (1949) - A miã de galeada argentífera de Panelas das Brejaúvas - Div. Fom. Prod. Mineral, DNPM, Bol. nº 84, pp. 11-115.
- GUIMARÃES, J. E. P. (1952) - Calcário no Estado de São Paulo - Inst. Geogr. e Geol., Bol. 24, pp. 7-72.
- HAMILTON, E. I. (1965) - Applied Geochronology - Acad. Press, London.
- HAWKES, H. E. (1957) - Principles of geochemical prospecting - USGS, Bull. 1000F, pp. 225-355.
- HAWKES, H. E. e WEBB, J. S. (1962) - Geochemistry in mineral deposits - Harper and Row, New York.
- HOLMES, A. (1946) - Estimate of the age of the earth - Nature, v. 157, pp. 680-684.
- HOUTERMANS, F. G. (1947) - Das alter des Urans - Naturforsch., v. 2A, pp. 322-328.
- KNECHT, T. (1929) - As minas de Furnas no município de Iporanga - Bol. Agric., ser. 30, nº 9-10, pp. 735-742.

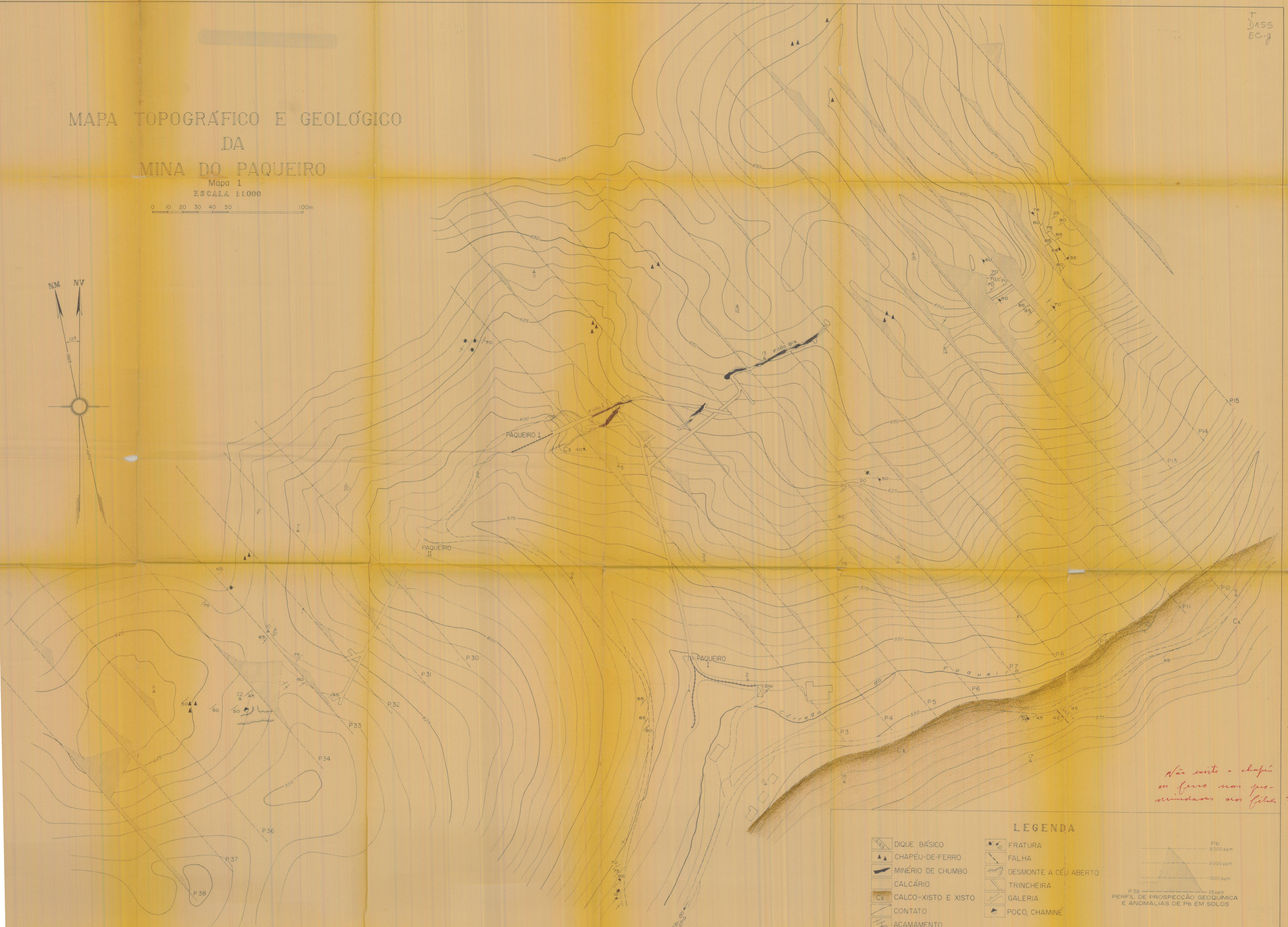
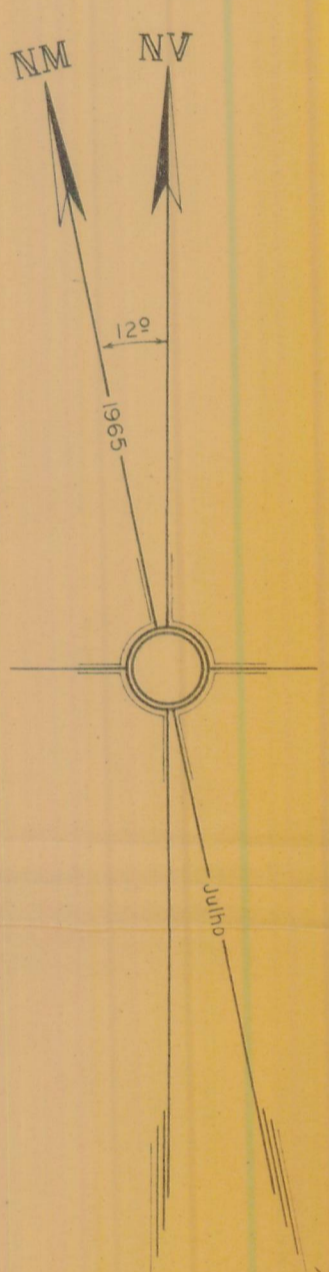
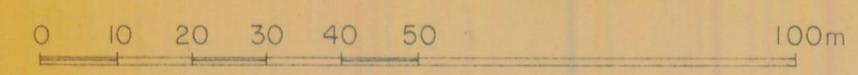
- KNECHT, T. (1934) - Os minerais e minérios do Estado de São Paulo - Bol. Agric., ser. 32, nº único, pp. 237-323.
- KNECHT, T. (1938) - Jazidas de minério de chumbo - Eng. Min. e Metal., v. 3, nº 13, pp. 41-42.
- KNECHT, T. (1939) - Os recursos minerais do sul de São Paulo - Eng. Min. e Metal., v. 3, nº 17, pp. 261-262.
- KULP, J. L., BATE, G. L. e GILLETI, B. J. (1955) - New age determination by the Lead Method - *Proceed. of the Geol. Assoc. of Canada*, v. 7, Part II, pp. 15-24.
- KULP, J. L., BATE, G. L., AULT, W. V. e FEELY, H. W. (1956) - Lead and sulphur isotopic abundances in Mississippi Valley galenas - *Bull. of Geol. Soc. of Am.*, v. 67, pp. 123-124.
- KUOVO, O. (1961) - Isotopic composition of Finnish galenas - *New York Acad. Annals*, v. 91, art. 2, pp. 476-491.
- LANFORD, F. F. (1965) - A method to evaluate the probability of success of a geochemical survey - *Econ. Geol.*, v. 60, nº2, pp. 360-372.
- LEONARDOS, O. H. (1934) - Chumbo e prata no Estado de São Paulo - *Div. Fom. Prod. Mineral, DNPM, Bol. nº6*, pp. 1-47.
- LEPREVOST, A. (1946) - Análises de alguns calcários paranaenses - *Arq. Bio. Pesq. Tecnol.*, v. 1, pp. 113-127.
- LINDGREEN, W. (1933) - *Mineral Deposits* - McGraw Hill, 4ª ed. New York.
- LONG, A., SILVERMAN, A. J. e KULP, J. L. (1960) - Isotopic composition of lead and Pre-Cambrian mineralization of Coeur D'Alene District, Idaho - *Econ. Geol.*, v. 55, pp. 645-658.
- LOVERING, T. G. (1962) - The origin of jasperoids in limestone - *Econ. Geol.*, v. 57, nº 6, pp. 861-889.
- MAACK, R. (1947) - Breves notícias sobre a geologia do Paraná e Santa Catarina - *Arq. Bio. Pesq. Tecnol.*, v. 2, pp. 63-154.
- MELCHER, G. C. (1960) - Geochemical exploration in the Rio Ribeira de Iguape lead district, Brazil - *XX Inter. Geol. Congress.*, III Tomo, pp. 585-596.
- MELCHER, G. C. e JOHNSON, R. F. (1956) - Geologia e depósitos minerais do vale do rio Ribeira de Iguape - *Div. Fom. Prod. Mineral, DNPM, relatório inédito*.
- MELPHI, A., CORDANI, U. G. e BITTENCOURT, I. (1965) - Reconhecimento fotogeológico de parte do Grupo Açungui - *Bragantia*, v. 24, nº 34, pp. 447-474.
- MIESCH, A. T. e CONNOR, J. J. (1964) - Investigation of sampling-error effects in geochemical prospecting - *USGS, Prof. Paper 475-D*, art. 137, pp. D84.

- MORAES RÊGO, L. F. (1930) - Golpe de vista sôbre os recursos mine-
rais de São Paulo - Bol. Secr. da Agricultura, ser. 31, nº9-10, pp.
885-925.
- MORAES RÊGO, L. F. e SOUZA SANTOS, T. D. (1938) - Contribuição pa-
ra o estudo dos granitos da Serra da Cantareira - Inst. Pesq. Tec-
nológicas, Bol. nº 18.
- MORAES RÊGO, L. F. e ALMEIDA, F. F. M. de (1946) - Secção geológica
de Capela da Ribeira a Curitiba - Geol. e Metal., nº 3, pp. 7-30.
- MORER, J. (1952) - Note sur la visite au gisement de Paqueiro - Rela-
tório inédito.
- NIER, A. O. (1939) - The isotopic constitution of radiogenic leads and
measurement of geological time II - Phys. Rev., v. 55, pp. 153-163.
- NIER, A. O., THOMPSON, R. W. e MURPHEY, B. F. (1941) - The iso-
topic constitution on lead and measurement of geological time III.
- Phys. Rev., v. 60, pp. 112-116.
- OLIVEIRA, A. I. (1936) - Chumbo e prata na Serra de Paranapiacaba -
Eng. Min. e Metal., v. 1, nº1, pp. 3-5.
- OLIVEIRA, E. P. (1916) - Geologia do Estado do Paraná - Minis. Agric.
Bol., v. 5, nº 1, pp. 67-143.
- PARK, C. F. e MacDIARMID, R. A. (1964) - Ore Deposits - W. H. Freeman
and Co, San Francisco.
- PEELE, R. (1927) - Mining Engineer's Handbook - John Willey and Sons
Inc., New York.
- PETTIJOHN, F. J. (1957) - Sedimentary Rocks - 2ª ed., Harper and
Brothers, New York.
- PIERSON, C. T., HAYNES, D. D. e RIBEIRO FILHO, E. (1957) - Recon-
naissance for radioactive minerals in the Southern part of Bra-
zil - USGS, TEM-1098, Geol. and Mineral.
- PÖSCHL, A. (1966) - Untersuchungen an Erzer des Rio Ribeira de Igua-
pe Bezirkes - Comunicação pessoal.
- RUSSELL, R. D. e FARQUHAR, R. M. (1960a) - Dating galenas by means
of their isotopic constitution II - Geochim. et Cosmoch. Acta, v. 19,
nº 1, pp. 41-52.
- RUSSELL, R. D. e FARQUHAR, R. M. (1960b) - Lead isotopes in geolo-
gy - Intersc. Publish. Inc., New York.
- SCHOUTEN, C. (1962) - Determination tables for ore microscopy -
Elsevier Publis. Co., New York.
- SCHWARTZ, G. M. (1955) - Hydrothermal alteration as a guide to ore -
Econ. Geol., v. 50º Ann., pp. 300-323.

- SCHWARTZ, G. M. (1959) - Hydrothermal alteration - Econ. Geol., v. 54, nº 2, pp. 161-183.
- SHARP, W. E. (1965) - The deposition of hidrothermal quartz and calcite - Econ. Geol., v. 60, nº 8, pp. 1635-1644.
- WAMPLER, J. M. e KULP, J. L. (1962) - Isotopic composition and concentration of lead in some carbonate rocks - Lamont Geological Observ. Contrib., nº 572, Petrologic Studies, pp. 105-114.
- WARD, F. N., LAKIN, H. W., CANNEY, F. C. and others (1963) - Analytical methods used in geochemical exploration by the U.S. Geological Survey - Geol. Survey Bull., nº 1152.
- WEDEPOHL, K. H. (1956) - Untersuchungen zur Geochemie des Bleis - Geochim. et Cosmoch. Acta, v. 10, nº 1 e 2, pp. 69-148.
- WILLIAMSON, D. R. (1958) - How draw block diagrams easily - Eng. Minn. Journal, pp. 95-99, junho.

MAPA TOPOGRÁFICO E GEOLÓGICO DA MINA DO PAQUEIRO

Mapa 1
ESCALA 1:1.000



*Não existe o chapéu
de ferro nas pro-
fundidades dos filões?*

LEGENDA

	DIQUE BÁSICO		FRATURA
	CHAPÉU-DE-FERRO		FALHA
	MINÉRIO DE CHUMBO		DESMONTE A CÉU ABERTO
	CALCÁRIO		TRINCHEIRA
	CALCO-XISTO E XISTO		GALERIA
	CONTATO		POÇO, CHAMINÉ
	ACAMAMENTO		

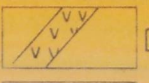

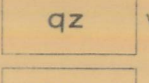
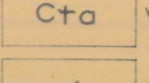
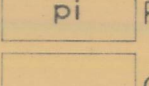
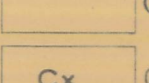
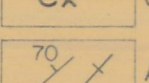
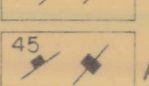
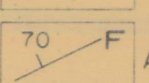
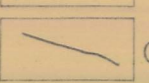
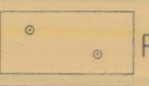
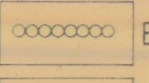
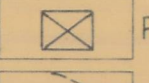

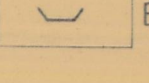

Pb 3000 ppm
2000 ppm
1000 ppm
25 ppm

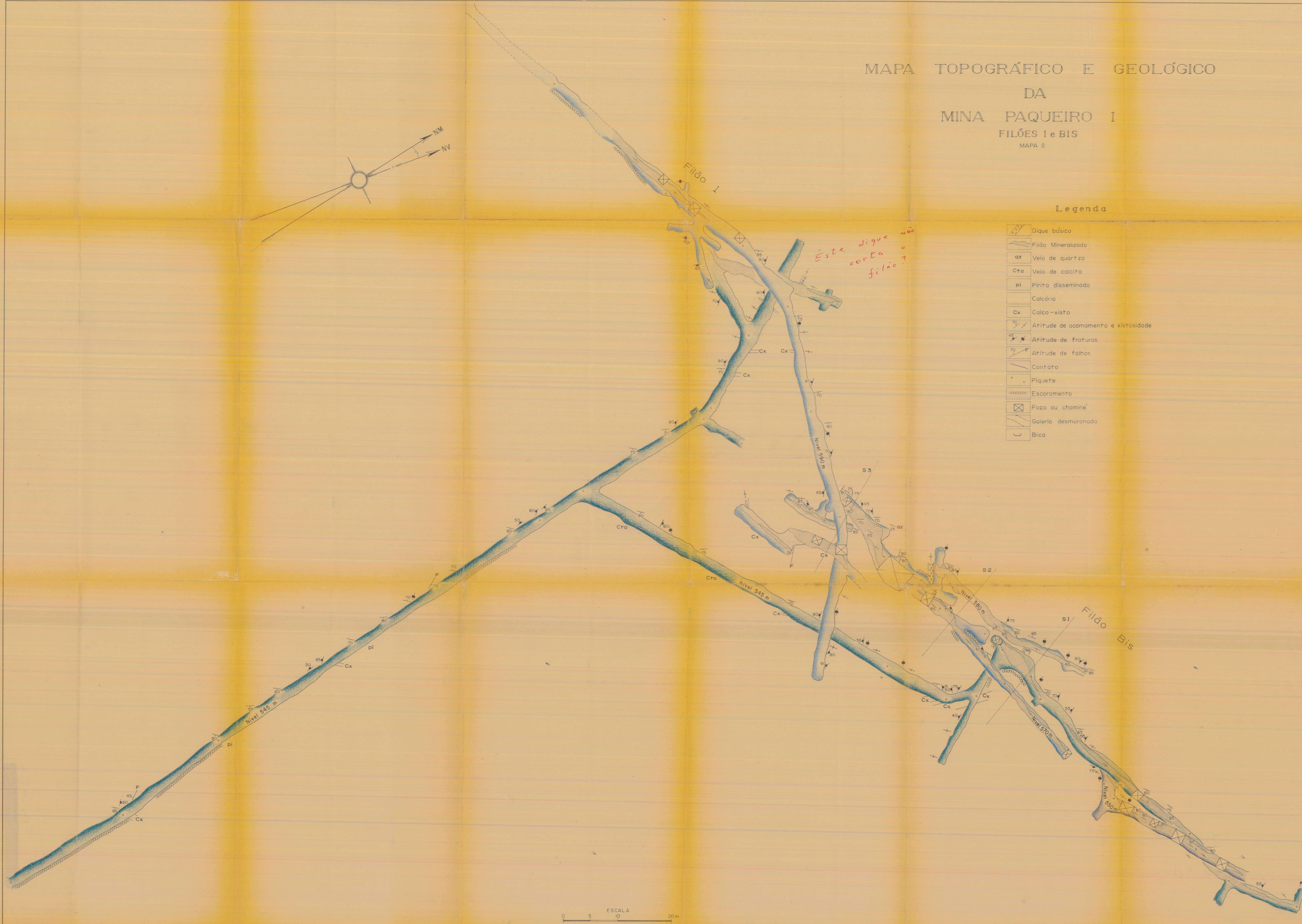
P38
PERFIL DE PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA
E ANOMALIAS DE Pb EM SOLOS

EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL : 5 m

MAPA TOPOGRÁFICO E GEOLÓGICO
DA
MINA PAQUEIRO I
FILÕES 1 e BIS
MAPA 2

Legenda

-  Dique básico
-  Filão Mineralizado
-  qz Veio de quartzo
-  Cta Veio de calcita
-  pi Pirita disseminada
-  Calcário
-  Cx Calco-xisto
-  Atitude de acamamento e xistosidade
-  Atitude de fraturas
-  Atitude de falhas
-  Contato
-  Piquete
-  Escoramento
-  Poço ou chaminé
-  Galeria desmoronada
-  Bica



*Este dique não
corta o
filão?*

ESCALA
0 5 10 20m