

PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA NA MINA DO PAQUEIRO, ESTADO DO PARANÁ

Por

EDUARDO CAMILHER DAMASCENO (1)

RESUMO

A prospecção geoquímica tem demonstrado ser um método de pesquisa bastante promissor em várias regiões com características semelhantes às do distrito mineral do rio Ribeira de Iguape. Considerando esse fato, foi efetuada uma campanha de prospecção geoquímica na área próxima à mina do Paqueiro, cujos resultados encontram-se aqui relatados.

A mina do Paqueiro é uma pequena jazida de chumbo, localizada a 17 km de Adrianópolis, no Estado do Paraná. A campanha de prospecção geoquímica de chumbo foi efetuada a E e W da área central onde são conhecidos dois filões mineralizados. A atitude desses filões é de N60°E e se localizam em calcários do Grupo Açungui.

A região que circunda a jazida do Paqueiro é coberta por solo residual, com espessura média de 2 m, inexistindo afloramentos ou evidências superficiais de mineralização.

A coleta de amostras de solo, cerca de 1.200, foi efetuada ao longo de perfis de direção N30°W, distanciados entre si de 30 m, normais à atitude predominante dos calcários e dos filões. O espaçamento entre os pontos de amostragem foi de 10 m, coletando-se amostras a 0,80 m de profundidade, em média, com um trado manual de 1 polegada de diâmetro.

As determinações de chumbo em solos e em rochas foram efetuadas por colorimetria e espectrometria de raios-X. Algumas análises colorimétricas de cobre foram executadas com a finalidade de comparar o comportamento desse elemento com o do chumbo.

Através da prospecção geoquímica foram localizadas várias anomalias, sendo que duas delas, verificadas com a abertura de trincheiras, indicaram a presença de filões mineralizados.

SUMMARY

This paper presents the results of a geochemical exploration at the Paqueiro area, which is a small lead mine of the rio Ribeira de Iguape district, near Adrianópolis, State of Paraná, Brazil.

The geochemical exploration was made in soils and some limestones to detect the eventual extension

of the veins below the residual soil. Some 1.200 soil samples were collected to E and W of the central area, where two parallel veins oriented N60°E are known. The wall rock of the lead ore deposits are limestones of the Açungui Group.

Practically all the area is covered by a residual soil blanket with an average 2 meter thickness. The soil samples were taken at 0,80 meters depth with a 1 inch auger, at an interval of 10 meters in N30°W transverses, normal to the strike of the limestones and veins. Limestones samples were analyzed to prove the feasibility of the geochemical prospecting in rocks of the region.

The determination of lead content in soils and rocks was made by colorimetric and X-ray spectrometry methods. In this survey, soil sample content more than 200 ppm Pb, in two or more adjoining sampling points was considered interesting.

The exploration work detected several anomalies and two of them had the mineralization confirmed by trenching.

INTRODUÇÃO

A prospecção geoquímica tem demonstrado, em várias regiões mineralizadas, ser um método bastante promissor na localização de indícios minerais de interesse econômico. As condições fisiográficas peculiares do distrito mineral do rio Ribeira de Iguape, com densa vegetação, espesso manto de intemperismo e escassês de bons afloramentos, dificultam a localização de evidências de mineralização, tornando quase que impraticável a aplicação de outros métodos convencionais de prospecção. Além disso, em virtude da topografia acidentada, indícios como blocos de chapéu de ferro incorporam-se ao colúvio, deslocando-se de seu ponto de origem.

(1) Departamento de Minas da Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

Sendo raras as exposições de rocha inalterada e reduzida a probabilidade de aflorarem corpos mineralizados decidiu-se aplicar, na região da mina do Paqueiro, o método indireto da prospecção geoquímica do chumbo, para verificar a eventual existência de mineralização sob o manto de intemperismo. Praticamente toda a região é coberta por camada de solo residual com espessura média de 2 m, podendo atingir até 5 m.

Considerando-se as condições peculiares da região e os resultados obtidos em pesquisas anteriores em todo o distrito do Ribeira de Iguape (Melcher, 1960, p. 596), foram realizados trabalhos visando determinar o possível prolongamento dos filões já conhecidos da mina do Paqueiro. A coleta de amostras foi efetuada a leste e a oeste dos filões conhecidos (Figura 8). Foi executado também um número reduzido de dosagens de cobre em solos, com a finalidade de comparar o comportamento desse elemento com o do chumbo.

Os trabalhos de prospecção geoquímica na área do Paqueiro tiveram, também, por objetivo a investigação do comportamento da distribuição de traços de chumbo, principalmente em solos, nas condições locais de mineralização e de intemperismo, esperando-se que o melhor conhecimento dessa distribuição constitua subsídio ao planejamento e execução desse tipo de pesquisa em outras ocorrências minerais da região. Os trabalhos de campo e de laboratório foram executados durante os meses de janeiro, fevereiro e julho de 1965 e 1966.

A mina de chumbo do Paqueiro localiza-se no Município de Adrianópolis, a cerca de 17 km dessa localidade (Figura 1). O acesso à jazida

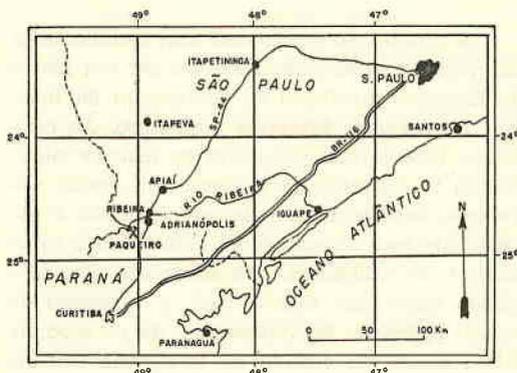


Fig. 1 — Localização da mina de chumbo do Paqueiro.

é feito pela estrada que demanda o Ribeirão da Rocha, que parte do ponto situado a 7 km ao sul de Adrianópolis, na antiga rodovia São

Paulo-Curitiba. Dista, por estrada de rodagem, 380 km de São Paulo e 130 km de Curitiba, aproximadamente. As coordenadas geográficas são: 49° Long W de Greenwich

24°40' Lat S

A jazida do Paqueiro constitui um dos pequenos depósitos de chumbo do distrito do Ribeira de Iguape, fornecendo em 1966, apenas 210 t mensais de minério a 11,6% Pb. É constituída por dois filões, denominados «I» e «Bis», paralelos e separados horizontalmente entre si de 25 m, que contêm quase que exclusivamente minerais oxidados (Damasceno, 1967). A mineralogia dos filões é a seguinte: cerusita, pirromorfita, galena, pirita, limonita, calcopirita e ganga de quartzo e carbonatos.

Ambos estão encaixados em calcários de coloração cinza escura integrantes do Grupo Açungui. Os calcários têm direção geral média de N50°E, com mergulhos fortes para NW ou SE. Os filões são ligeiramente discordantes dos calcários encaixantes, orientando-se segundo N60°E, com mergulhos acima de 70°. Os filões têm forma de lentes alongadas, cujos eixos maiores apresentam caimento de 50°NE. A espessura da mineralização situa-se em torno de 1 m, com algumas irregularidades, não ocorrendo impregnação das paredes.

PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA EM SOLOS

Amostragem

A coleta de amostras de solo foi efetuada ao longo de perfis paralelos de direção N30°W distanciados entre si de 30 m e normais à direção média predominante dos calcários (Figura 8). Foram coletadas cerca de 1.200 amostras de solo, distribuídas em 38 perfis, com um comprimento total de 9,5 km. O intervalo de amostragem ao longo dos perfis respeitou um espaçamento ideal de 10 m, sem correção da topografia. Além desse erro introduzido, algumas amostras foram deslocadas 1 a 2 m do local em que deveriam ser coletadas, devido à ausência de solo. O local de cada décima amostra foi marcado com um piquete, posteriormente usado para verificações e localização de eventuais anomalias existentes. Coletaram-se, em média, 80 amostras por dia com equipe constituída por três pessoas, com trado manual de 1 polegada de diâmetro, a uma profundidade média de 0,80 m, recolhendo-se cerca de 30 g de solo em cada ponto.

A profundidade de 0,80 m adotada foi suficiente para ultrapassar a camada superficial

de solo orgânico. Resultados experimentais preliminares demonstraram que amostras de solo coletadas no mesmo ponto, a profundidades maiores ou menores, apresentam variações de teor em Pb raramente superiores a 30%, exceto nos locais onde ocorrem anomalias fortes, superiores a 250 ppm (Figura 2).

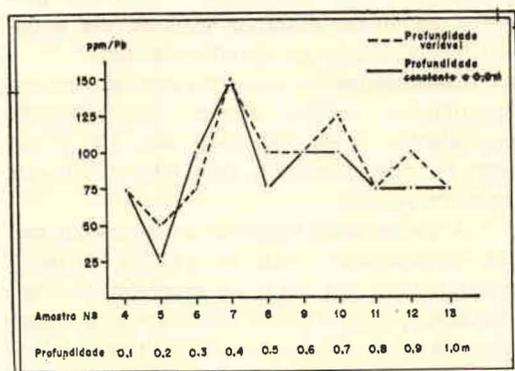


Fig. 2 — Variação do teor de Pb em solos com a profundidade, em relação a 0,8 m. Anomalia baixa, contraste 5. Perfil P9.

Além disso, a mesma profundidade já havia sido previamente adotada na região (Melcher, 1960, p. 589). Em locais de anomalias mais intensas, entretanto, os teores de Pb em solos variam consideravelmente, tendendo a apresentar máximos acentuados em profundidades variáveis (Figura 3).

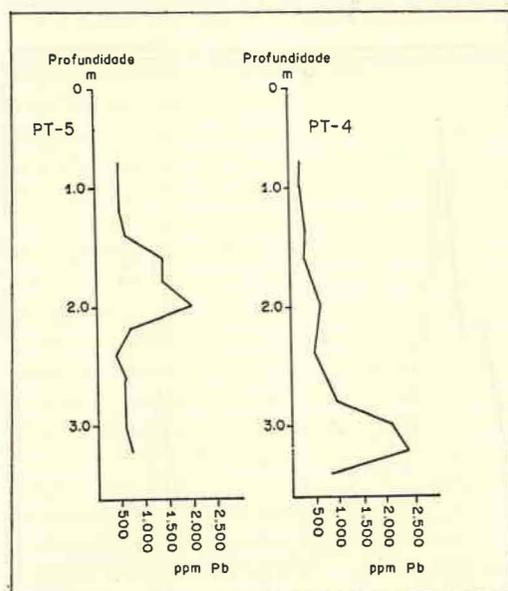


Fig. 3 — Variação do teor de Pb em solos em função da profundidade, em região de anomalias altas. Perfil P-12.

A malha de amostragem adotada foi considerada suficientemente densa para a localização de anomalias de limitada importância, de contrastes maiores que 10, levando-se em conta o «back-ground» de chumbo nos solos da região é de 25 ppm. A Figura 4 exemplifica esse fato, representando anomalia de contraste maior que 10, com amplitude de 50 m. Anomalias mais intensas, com contrastes de 60 a 80, têm amplitudes a 150 m (Figura 8). Também a extensão dessas anomalias em direção paralela às camadas é proporcional à sua intensidade.

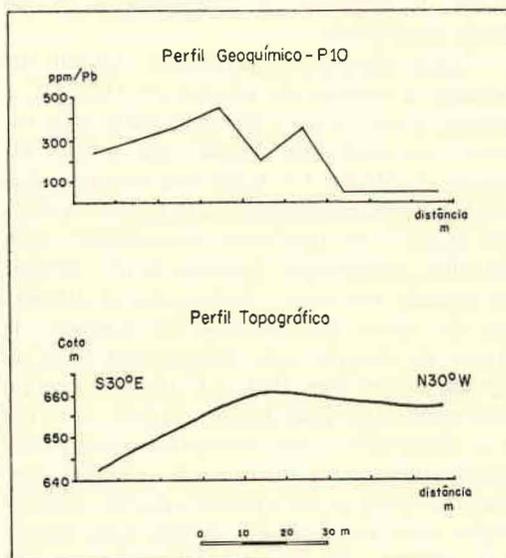


Fig. 4 — Perfil topográfico e geoquímico mostrando anomalia com contraste maior que 10, com amplitude de 50 m, aproximadamente.

Preparação das amostras para dosagem

As amostras de solo coletadas foram secas em estufa durante 24 horas a 60°C. Após a secagem, foram trituradas em almofariz de porcelana para homogeneizar a granulação. Através desse procedimento, 45% da amostra para a dosagem apresentava-se, em média, com granulação inferior a 0,074 mm.

Métodos analíticos

As dosagens 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 verificar a possibilidade de aplicação

dêsse método de análise na prospecção de jazidas minerais naquela região. Cerca de 200 análises de cobre foram efetuadas por colorimetria.

Colorimetria

A dosagem por via úmida foi executada pelo método descrito por Ward e outros (1963, p. 19-25), ligeiramente modificado. As principais modificações introduzidas nêsse método foram: a simples digestão da amostra de solo em HCl 1:1, substituindo a fusão, e a eliminação do cloridrato de hidroxilamina da solução complexante.

Após algumas experiências iniciais, foi adotada a digestão da amostra em HCl 1:1, a quente, o que tornou a dosagem muito mais rápida. Os resultados obtidos por simples digestão em HCl 1:1 e fusão com bissulfato das mesmas amostras diferem entre si de 10 a 15%, em média. Os resultados apresentados neste trabalho, representam, portanto, teores parciais de chumbo nos solos. Entretanto, as diferenças de teores que resultam da dosagem de traços de chumbo após solubilização total ou apenas parcial com HCl 1:1, respectivamente, não modificam, para efeitos práticos, a forma e a intensidade das anomalias geoquímicas correspondentes a indícios de mineralização. Mercher (1960, p. 593) também realizou comparação entre os resultados obtidos após ataque das amostras por diversos reagentes, obtendo resultados semelhantes.

A eliminação do cloridrato de hidroxilamina nas dosagens, sugerida por Canney e Nowlan (1964), foi outra modificação do método supracitado. Em análises experimentais efetuadas com ou sem hidroxilamina em amostras de solo da região do Paqueiro, não foram notadas diferenças de teor que pudessem ser atribuídas à essa modificação. Esse fato permitiu simplificar e tornar mais barata a dosagem geoquímica de chumbo em solos.

Considerando-se os teores encontrados nas experiências iniciais, foram usados padrões equivalentes a 50, 100, 200, 300, 400 e 500 ppm Pb respectivamente para 0,1 g de solo em 10 ml de solução.

A comparação visual de soluções com teores desconhecidos com os padrões introduz, naturalmente, um fator de erro subjetivo nas dosagens, principalmente tratando-se de teores elevados e tonalidades de coloração mais intensas, quando discrepâncias de até 50% podem ocorrer na repetição da determinação dos teores de uma mesma amostra. Entretanto, mesmo imprecisões ocasionais dessa ordem de grandeza não modificam de maneira significativa as características das anomalias geoquímicas. Na Figura 5 são mostrados os resultados obtidos mediante repetição da determinação de um mesmo perfil geoquímico.

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

Em alguns dos perfis onde se observaram anomalias maiores de Pb foram efetuadas, nas

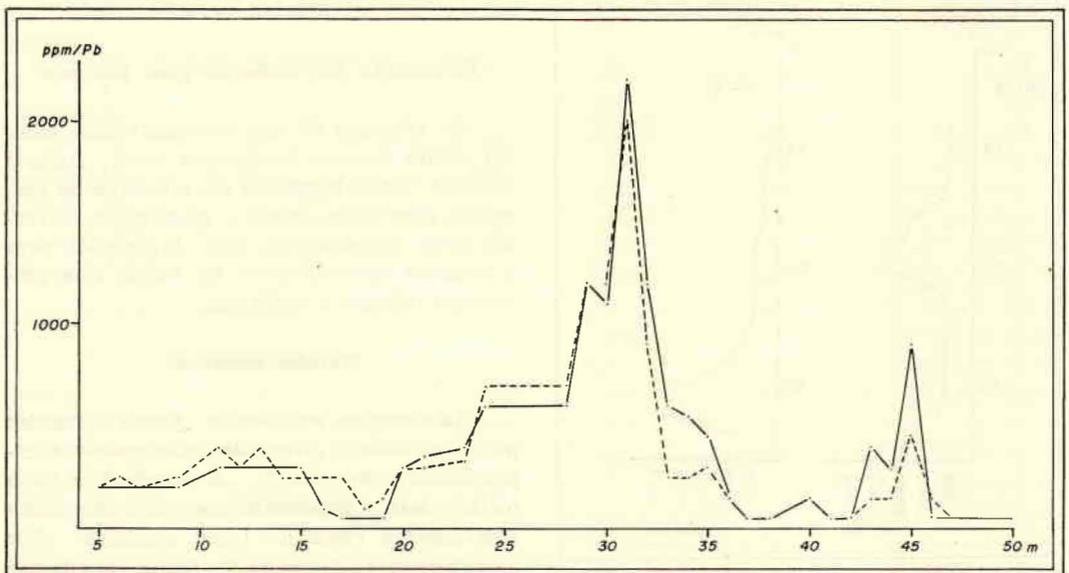


Fig. 5 — Gráfico mostrando a variação de teores observada na dosagem das mesmas amostras, pelo mesmo experimentador, Perfil P-12.

mesmas amostras, dosagens de cobre, com a finalidade de estudar o comportamento desse elemento. A dosagem em solos foi efetuada pelo método proposto por Ward e outros (1963, p. 19-25), usando-se 2-2' biquinolina.

Espectrometria de raios-X

Cerca de sessenta amostras de solo foram analisadas por espectrometria de raios-X, graças à colaboração da INBELSA — Indústria Brasileira de Eletricidade S.A. Nas determinações foi utilizado o espectrômetro modelo PW 1540 Philips, com cristal analisador de LiF, $2\theta = 33,90^\circ$, raia Pb_{α_1} e cintilômetro.

A curva de calibração foi determinada com amostras de solos analisadas por colorimetria, com teores de Pb variando de 100 a 2.500 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 possuíram, também, granulação ideal para a aplicação do método, porém a classificação granulométrica e a utilização de apenas uma fração adequada à análise por raios-X, incorreria no risco de se obter resultados não exatamente correspondentes aos teores médios dos respectivos solos.

TABELA I

Amostra	Contagens	Teor em Pb espectrometria	Teor em Pb - colorimetria
P 16-32	1.503	480 ppm	650 ppm
P 16-33	1.064	330	500
P 16-34	710	210	450
P 16-35	420	120	100
P 16-30	576	180	400 (?)
P 16-31	980	300	250
P 16-37	261	70	100
P 16-38	218	50	100
P 16-39	184	40	50
P 16-40	308	80	100
P 16-41	190	45	50
P 16-43	224	60	100
P 16-44	131	30	175 (?)
P 16-45	119	20	100 (?)
P 16-46	174	45	50
P 16-47	152	40	50
P 16-48	159	40	50

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

Na Tabela I são comparados os resultados obtidos através da análise espectrométrica de raios X e da análise colorimétrica de 17 amostras, verificando-se discrepâncias sensíveis em alguns resultados. As anomalias de chumbo em solo são, contudo, notadas facilmente, demonstrando a possibilidade de aplicação do método em prospecção geoquímica na região.

A principal vantagem da análise espectrométrica reside na sua rapidez, tendo sido de apenas um minuto, aproximadamente, na dosagem de cada amostra. O principal inconveniente desse método foi a necessidade de prensar cada amostra em pastilhas, previamente à sua análise espectrométrica. Caso essa etapa possa ser eliminada, mediante uma simples preparação granulométrica adequada, com uniformização das amostras e construção de curva padrão especial, até cerca de 360 determinações poderiam ser feitas diariamente, enquanto que, por colorimetria, é obtida, no máximo, uma centena de dosagens.

Prospecção geoquímica em calcários

Além da dosagem de chumbo e cobre em solos, foram efetuadas algumas determinações desses elementos em calcários da região leste da área estudada. As amostras de calcário foram coletadas ao longo do perfil P-12, em trincheira aberta, para a verificação de anomalia de chumbo obtida em solos (Figura 6). Essas amostras foram tomadas a intervalos não regulares, em exposições não intemperizadas.

As determinações do teor de chumbo em rochas, embora em número reduzido, tiveram a finalidade de investigar a aplicabilidade do método, usado com sucesso em áreas mineralizadas em outras regiões. O procedimento de análise colorimétrica foi idêntico ao usado para os solos, fazendo-se a digestão da amostra em 10ml de HCl 1:1. As amostras de calcário foram previamente britadas e moídas, apresentando granulação inferior a 0,074 mm.

RESULTADOS OBTIDOS

A prospecção geoquímica em solos, na região da mina do Paqueiro, permitiu localizar anomalias de chumbo em cerca de uma dezena de perfis, além da área central mineralizada já conhecida (Figura 8). Na interpretação dos perfis foram consideradas apenas as anomalias superiores a 200 a 300 ppm, ou seja, cerca de 8 a 10 vezes o conteúdo normal médio de chumbo em solos de áreas não mineralizadas, que é de 25 ppm. Foi escolhido um contraste 8 a 10,

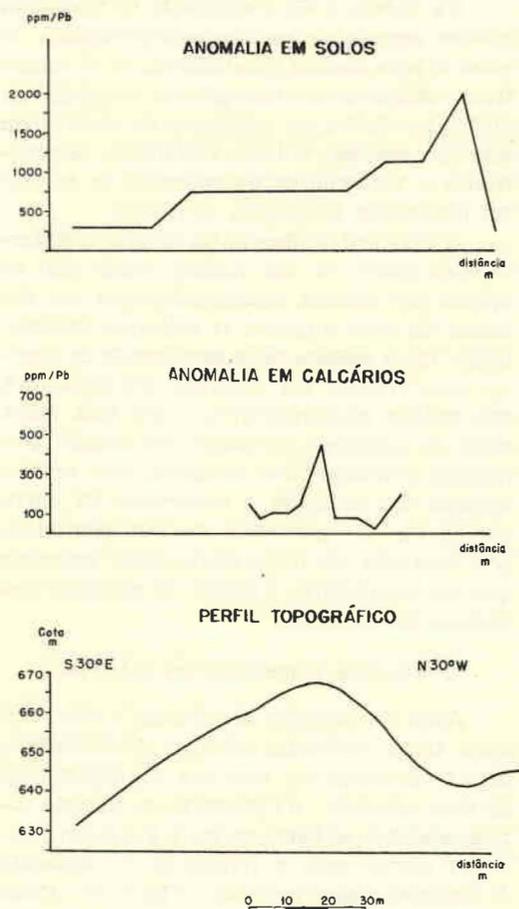


Fig. 6 — Perfis topográficos e geoquímicos mostrando a diferente posição da anomalia em solo e em rochas, em função da topografia.

relativamente elevado, tendo em vista que nessa área mineralizada, irregularidades de teor que produzem contrastes menores são bastante frequentes e devem ser consideradas mais como variações do «back-ground» local, não chegando a representar anomalias significativas.

As anomalias geoquímicas mais intensas encontradas durante os trabalhos localizam-se no prolongamento a leste e a oeste dos filões conhecidos. Essas anomalias, com cerca de 2.000 ppm, foram verificadas pela abertura de trincheiras, correspondendo a dois filões mineralizados. Na área leste, a zona mineralizada tem 0,80 m de espessura e teor médio de 1% Pb, sendo constituída de limonita e minerais oxidados de chumbo.

Estão sendo programados trabalhos subterrâneos de pesquisa para a melhor verificação dessa mineralização em profundidade, embora o teor na superfície seja muito baixo para despertar interesse econômico imediato. Essa mes-

ma anomalia geoquímica prolonga-se lateralmente por cerca de 200 m, porém ainda não verificada a sua extensão total.

A verificação da anomalia situada a oeste, indicou a existência de um filão com a mesma espessura do descrito anteriormente. Mostrou-se, contudo, mais promissor que aquele, pois, além dos minerais oxidados, ocorre uma faixa central de galena, com 10 cm de espessura. Nas demais anomalias, de menor intensidade, ainda não foram executados trabalhos de pesquisa que permitissem verificar a possível existência de mineralização.

O comportamento dos teores em chumbo dos solos da região permitiu definir a profundidade de 0,80 m como suficiente para a amostragem, embora tenha sido notado o aumento dos teores com a profundidade.

A amostragem a profundidades maiores de 0,80 m permite a obtenção de anomalias de maior contraste, porém sua execução rotineira com trado manual é menos conveniente. Deve ser observado, além disso, que para fins práticos os contrastes verificados são perfeitamente satisfatórios.

Os resultados obtidos na determinação de chumbo em solos por espectrometria de raios X, embora em número reduzido e de precisão ainda mal conhecida, demonstraram a aplicabilidade do método na região para a localização de jazidas ou ocorrências minerais.

A Figura 7 mostra alguns dos resultados obtidos na dosagem de cobre em solos e o comportamento desse elemento comparado ao do chumbo. Verificou-se que o Pb chega a constituir anomalias geoquímicas de contraste maior que as de cobre, estando os picos sempre um pouco deslocados do local exato da mineralização existente. Esse fato pode ser atribuído à maior mobilidade que o Pb adquire na presença de ácidos orgânicos derivados da decomposição de vegetais (Hawkes & Webb, 1962, p. 18; Lovering, 1934, p. 30). O cobre forma anomalias em solos mais próximos das concentrações primárias, fato confirmado na região estudada.

A prospecção geoquímica de chumbo, embora mais demorada, é de custo mais baixo que a do cobre e permite localizar as anomalias com maior facilidade e segurança, pois apresenta contrastes maiores.

O teor máximo de chumbo observado em amostra de calcário foi de 400 ppm, localizado na crista de uma elevação e a 2 m da mineralização. A Figura 6 mostra os resultados preliminares obtidos na dosagem de Pb em calcários e em solos, onde é possível notar a influên-

cia da topografia no deslocamento da anomalia em solos. A prospecção geoquímica em rochas pode, portanto, eliminar a influência da topografia acidentada da região, notada pelo deslocamento de anomalias geoquímicas em solos, permitindo a melhor localização no terreno. Os resultados preliminares obtidos com a prospecção geoquímica em rochas demonstraram sua utilidade, tornando-se necessário, contudo, o desenvolvimento de técnicas específicas de dosagem.

A G R A D E C I M E N T O S

O autor agradece ao Prof. Dr. Geraldo Conrado Melcher pela orientação e sugestões para a realização 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 tornou possível a execução desta pesquisa; ao colega Helmut Born pelas sugestões, e ao geólogo Ivanir B. Mariano pela colaboração nos trabalhos de laboratório; à Indústria Brasileira de Eletricidade — INBELSA — pelas determinações de chumbo por espectrometria de raios-X.

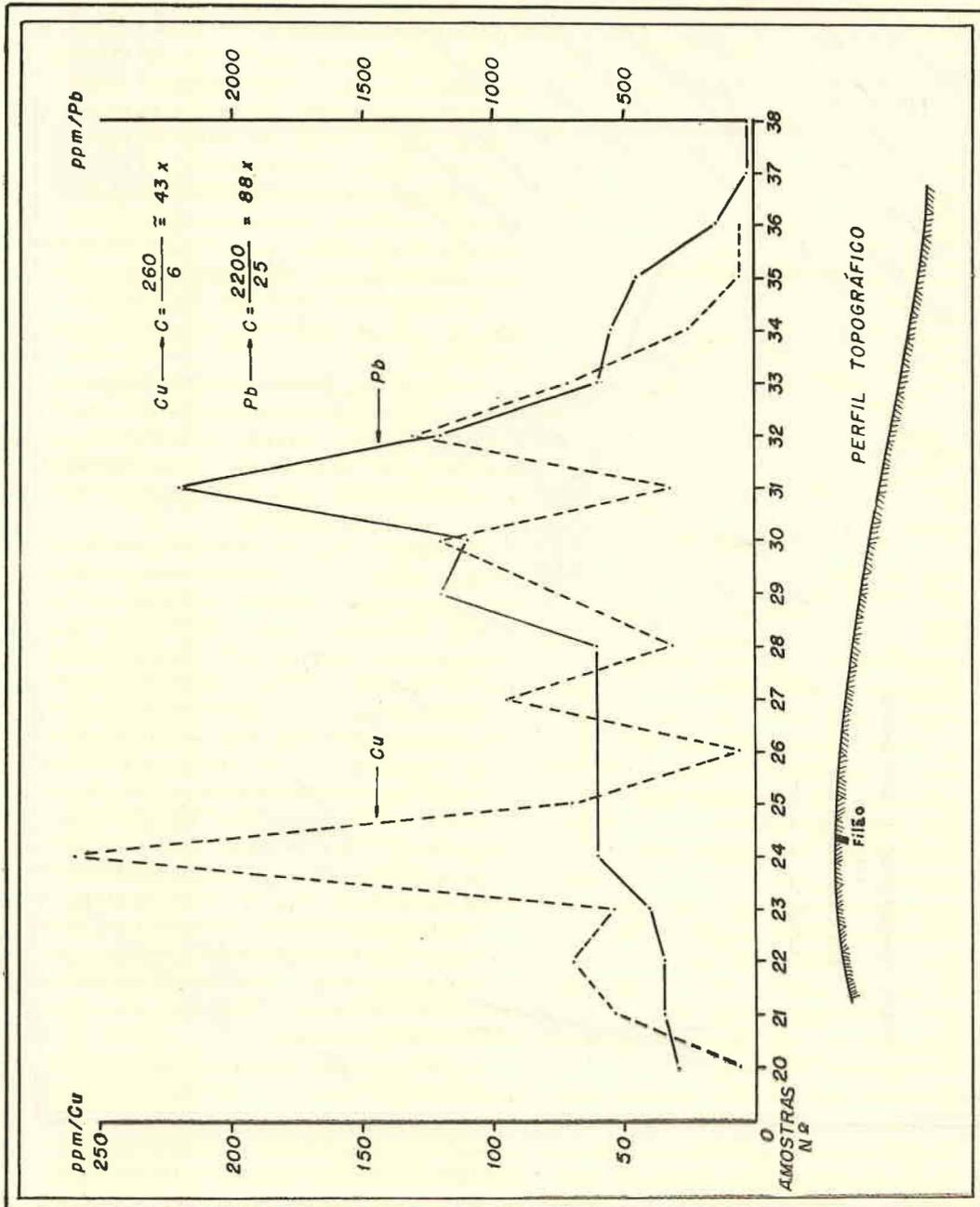
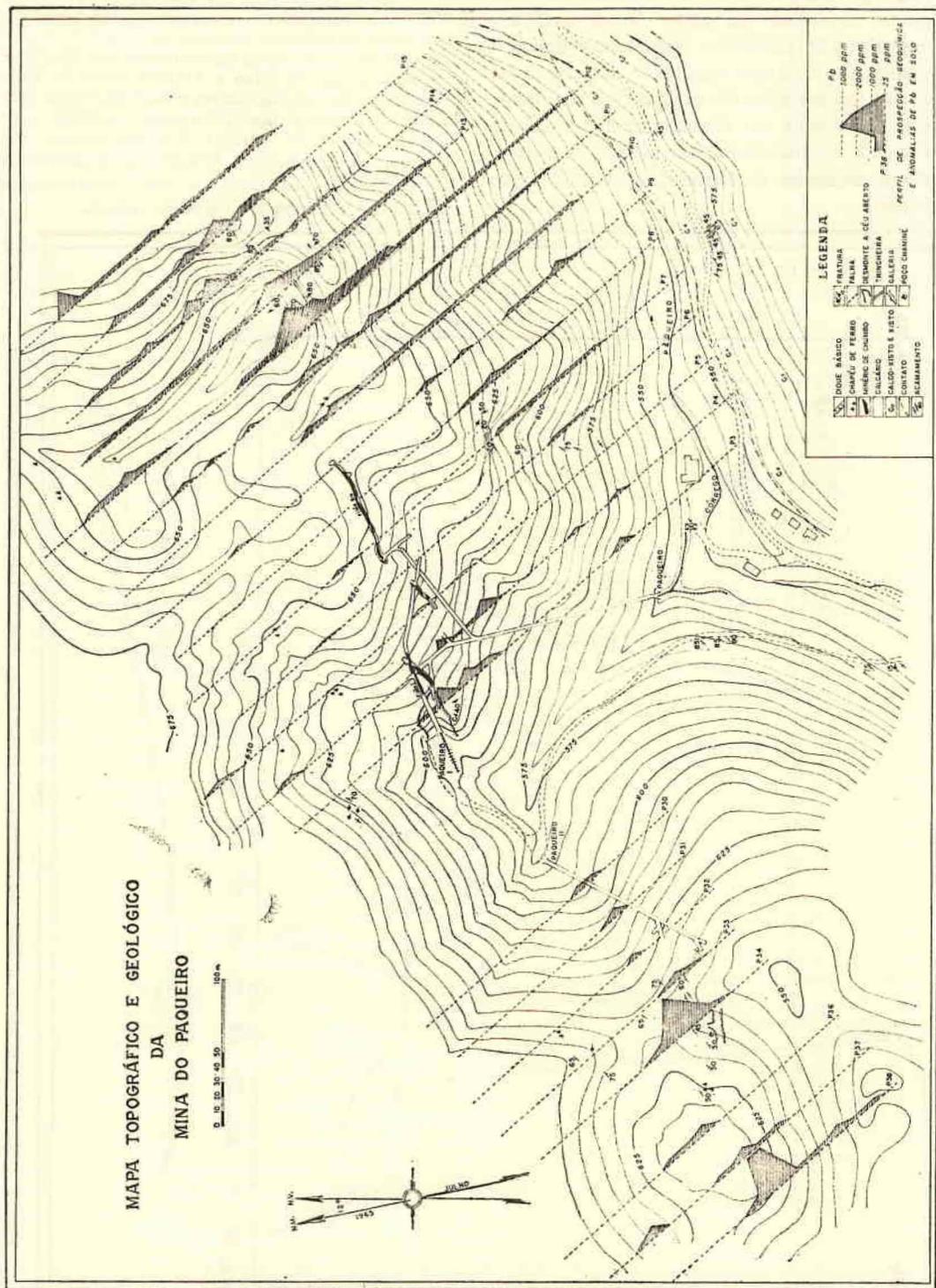


Fig. 7 — Comparação entre o comportamento do chumbo e do cobre em solos na região do Paqueiro.



B I B L I O G R A F I A

- CANNEY, F. C. e NOWLAN, G. A. (1964) — Solvente effect of hydroxylamine hydrochloride in citrate soluble heavy metals test (Discussion), *Econ. Geol.*, v. 59, n° 4, pp. 721-722.
- DAMASCENO, E. C. (1967) — Geologia da Mina do Paqueiro, Tese de doutoramento apresentada à Fac. Fil. Ciên. e Letras da Univers. São Paulo, inédito. Resumo no XXI Cong. Bras. Geol., Bol. Paranaense de Geoc., n° 26, pp. 68-69, Curitiba, 1967.
- HAWKES, H. E. e WEBB, J. S. (1962) — *Geochemistry in Mineral Exploration*, Harper & Row, New York.
- LOVERING, T. S. (1934) — *Geology and ore deposits of the Breckenridge Mining District, Colorado*, U. S. Prof. Paper, 176.
- MELCHER, G. C. (1956) — *Geochemical Exploration in the Rio Ribeira de Iguape Lead district, Brazil*, Symposium de Explor. Geoquímica, Terceiro Tomo, pp. 585-596, XX Cong. Geol. Inter., México, 1956.
- WARD, F. N., LAKIN, H. W., CANNEY, F. C., and others (1963) — *Analytical Methods used in Geochemical Exploration by the U. S. Geological Survey*, U. S. Geol. Survey, U. S. Geol. Survey, Bull. 1.152.