

**Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**

**Departamento de Engenharia de Minas**

**BT/PMI/002**

---

**Prospecção Geoquímica  
Experimental na Ocorrência de  
Ouro Tapera Grande**

---

**Paulo Beljavskis  
Helmut Born**

**São Paulo - 1992**

0836471

O presente trabalho é uma versão abreviada da dissertação de mestrado apresentada pelo Eng<sup>o</sup> Paulo Beljavskis, sob orientação do Prof. Dr. Helmut Born: "Prospecção geoquímica experimental na ocorrência de ouro Tapera Grande".  
A íntegra da dissertação encontra-se à disposição com o autor e na Biblioteca de Engenharia de Minas da Escola Politécnica/USP

Beljavskis, Paulo

Prospecção geoquímica experimental na ocorrência de ouro Tapera Grande / P. Beljavskis, H. Born. -- São Paulo : EPUSP, 1992.

p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Minas, BT/PMI/002)

1. Prospecção geoquímica I. Born, Helmut II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas III. Título IV. Série

CDU 622.11



## INTRODUÇÃO

A seqüência metavulcano-sedimentar do Grupo Serra do Itaberaba, encerra mineralizações auríferas em corpos com dimensões modestas e distribuição irregular, cuja localização e delimitação exige a execução de trabalhos detalhados, demandando, um tempo mais prolongado para as pesquisas.

Com o objetivo de desenvolver uma técnica de trabalho para detectar áreas favoráveis à conter mineralização aurífera similares em outras regiões, particularmente no contexto do Grupo Serra do Itaberaba, foi executado estudos pedogeoquímico e litogeoquímico de diversos elementos comumente associados a este tipo de mineralização.

A área da ocorrência de ouro Tapera Grande foi escolhida por apresentar nível de conhecimento geológico suficientemente detalhado, associado a disponibilidade de amostras dos diferentes litotipos, pertencentes a seqüência metavulcano-sedimentar, obtidas através de sondagens rotativas.

A região estudada compreende uma faixa leste-oeste, com aproximadamente 38 km<sup>2</sup>, situada a nordeste da cidade de São Paulo limitada pelos paralelos 23° 20' 30" e 23° 22' 30" de latitude sul e os meridianos 46° 20' 20" e 46° 20' 15" de longitude oeste, distando 45 km do centro da cidade (FIGURA 1).

Na área desta ocorrência, os indícios de ouro presente nas aluviões já haviam sido alvo de interesse desde fins do século XVI, principalmente nos vales dos ribeirões das Lavras e Paraíso, onde ainda hoje as áreas trabalhadas podem ser reconhecidas.

Os estudos de prospecção geoquímica foram conduzidos com caráter orientativo, para As, Cu, Sb, W e Ag, além da verificação do Au em partículas discretas e dosagem por absorção atômica. Amostras dos diversos horizontes pedológicos foram inicialmente estudadas em 9 poços de até 2 metros de profundidade, seguindo-se a execução de 2 perfis de amostragem de solos, ortogonais à disposição das seqüências litológicas. Finalmente, foram conduzidos estudos litogeoquímicos nas seqüências presentes, subdivididas em metassedimentos terrígenos e químicos e rochas metavulcânicas.

Estes estudos evidenciaram a presença de Au, Ag e W principalmente nas rochas e subordinadamente nos solos.

O elemento Cu, mostrou uma distribuição ampla mas sistemática nas rochas e distinta em relação aos solos das seqüências de metassedimentos terrígenos e metavulcânicas e metassedimentos químicos.

Os teores de ouro e prata, por absorção atômica e o tungstênio, por colorimetria, variaram de 0,06 a 7,10 ppm, de 0,03 a 10,5 ppm e de 210 a 1040 ppm, respectivamente nas rochas mineralizadas.

Ensaio por "Fire-Assay" em amostras de rocha mineralizadas revelaram teores de Au e Ag, variando de 0,4 a 11,8 ppm e de 1,0 a 1,9 ppm, respectivamente.

## ESCOLHA DA ÁREA

No início da década de 80, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, voltou-se decididamente para área de pesquisa mineral, com a implantação e desenvolvimento de projetos de pesquisa e prospecção geoquímica em diversas regiões do Estado, com o apoio da Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo - SICCT, através do seu Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais - PRÓ-MINÉRIO.

Em particular e com maior ênfase, o Grupo São Roque de então, foi alvo de trabalhos relevantes no contexto técnico e acadêmico.





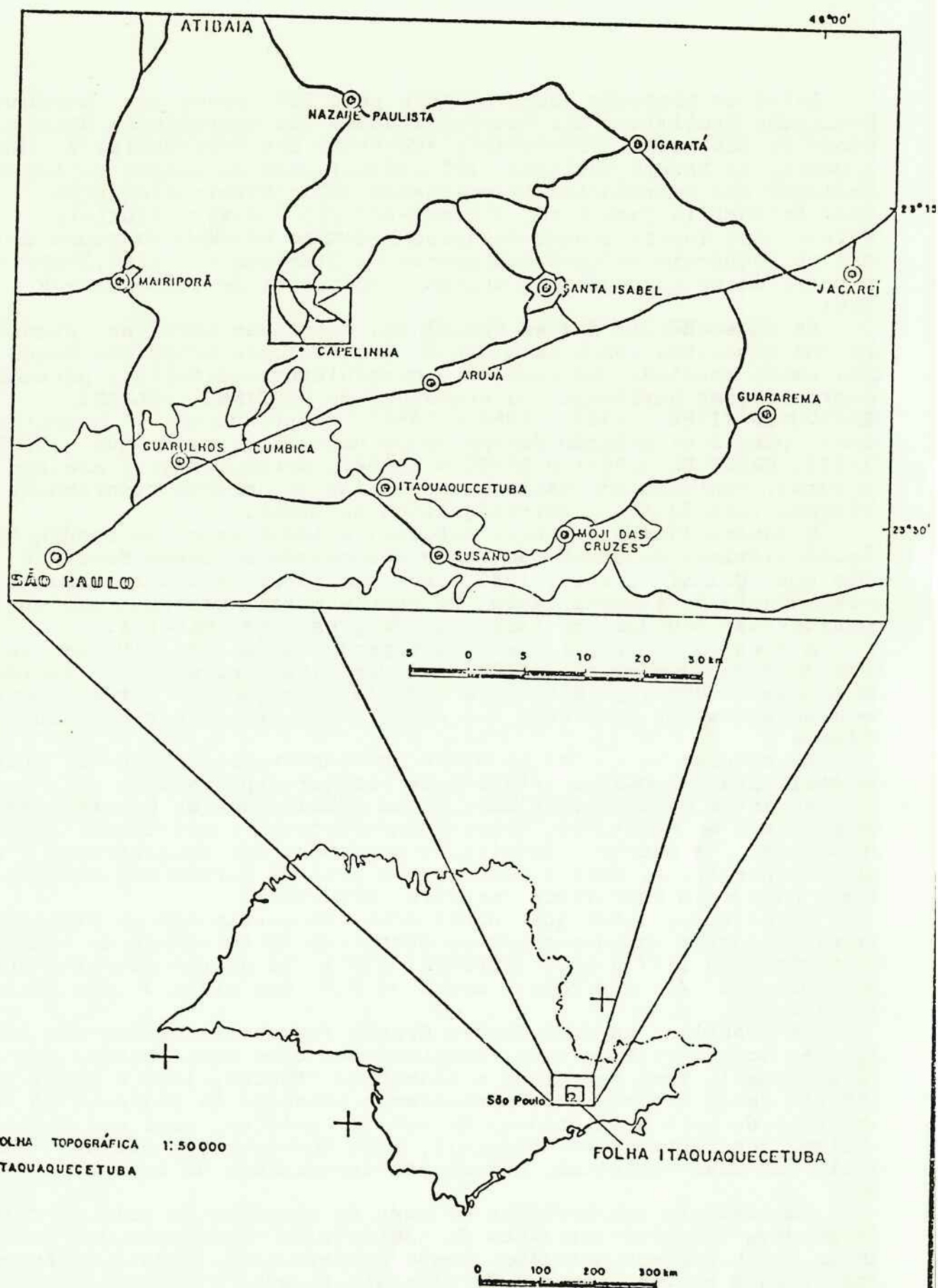


FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO E ACESSOS DA ÁREA



Entre os projetos desenvolvidos pelo IPT, podem ser mencionados: "Avaliação Preliminar das Potencialidades das Ocorrências Minerais do Estado de São Paulo (IPT-1981a); Avaliação das Ocorrências de Bauxita na Região de Nazaré Paulista (IPT-1981b); Ouro no Estado de São Paulo-Avaliação das ocorrências selecionadas (IPT-1982a); Avaliação das Áreas Potenciais para Ouro, Caconde-Socorro e Nazaré Paulista (IPT-1982b); Ouro Tapera Grande-Pesquisa de detalhe IPT-1984; Prospecção de metais base na seqüência vulcano-sedimentar de Itaberaba-SP (IPT,1985) e Estudo petrológico da seqüência vulcano-sedimentar de Itaberaba-SP (IPT-1986).

Em consequência desses trabalhos, ocorreram mudanças significativas nos conceitos sobre metalogenia e petrologia Grupo São Roque de então, sendo revelada uma seqüência metavulcano-sedimentar, portadora de mineralizações auríferas. Os trabalhos de COUTINHO, JULIANI e BELJAVSKIS (1982, 1983, 1984 e 1986), contribuíram significativamente, para a elucidação desses novos conceitos, sendo que BISTRICHÍ (1982), CARNEIRO (1983) e SANTORO (1984), deram ênfase à análise estrutural, contribuindo assim para iniciar uma melhor compreensão das relações litológicas e estratigráfica do Grupo.

O desenvolvimento desses estudos, evidenciaram uma seqüência geológica distinta do Grupo São Roque denominada de Grupo Serra do Itaberaba por JULIANI et alii, 1986 e abriram perspectivas favoráveis para a existência de mineralizações de ouro e metais básicos, até então não consideradas devidamente para fins de prospecção mineral.

A área da ocorrência de ouro Tapera Grande, foi alvo de intensos trabalhos de mapeamento geológico e pesquisa a nível de semidetallhe em escala 1:10000, permitindo a individualização dos corpos portadores de mineralizações auríferas e a delimitação preliminar de colúvios auríferos.

Executaram-se ainda, em alvos previamente selecionados, trabalhos de geofísica e sondagem rotativa de caráter exploratório.

A partir destes trabalhos, foram localizadas as ocorrências de ouro primário em metatufos, metavulcanoclásticas e metachert. Através de prospecção por bateia, identificou-se ainda, nos concentrados a presença de scheelita e, mais a nordeste da área de estudo uma ocorrência de cobre nativo em quartzitos (provável metachert).

Deve-se registrar que, nesta área, em particular no Ribeirão das Lavras, ocorrem antigas catas de ouro, que foram objeto de exploração no período de 1597 a 1850 (NORONHA, 1960). De acordo com este Autor, por volta de 1714 a produção anual de ouro das minas de São Paulo atingia a 2,2t.

Os trabalhos na área Tapera Grande foram reiniciados com a avaliação das ocorrências de ouro, consideradas como aluvionares, nos rios Jaguari, Tomé Gonçalves e Itaberaba (KNECHT, 1939 e 1950; IPT, 1981a). Estes trabalhos evidenciaram a presença de indícios de ouro em amostras de solo quer através da análise química, quer por bateamento (volume constante 5ℓ de material), além de mostrarem que as aluviões auríferas eram restritas, e portanto destituídas de interesse econômico.

Baseando-se nos indícios de ouro em amostras de solo (IPT,1981a), foram desenvolvidos trabalhos de semidetallhe abrangendo uma área mais ampla que o projeto anterior. Neste projeto (IPT,1982a), foram realizados estudos em concentrados de minerais pesados por bateamento de sedimentos grossos e geoquímica por sedimento ativo de corrente, que revelaram a presença de ouro e foi definida anomalias de cobre. O resultado mais relevante neste projeto, foi a definição de uma seqüência metavulcano-sedimentar, que semelhantemente a outras áreas, poderia



encerrar mineralizações auríferas e metais básicos.

Em vista dos resultados obtidos, os trabalhos tiveram continuidade de (IPT,1982b), sendo na área de Nazaré Paulista, mais especificamente Tapera Grande, foram cartografadas as antigas lavras de ouro ao longo do Ribeirão das Lavras e seus afluentes, e do Ribeirão Tomé Gonçalves. Na ocasião, observou-se que a presença de ouro livre em sedimento grosso e nas rochas alteradas estavam associadas à presença de mineralizações primárias em rochas metavulcano-clásticas e veios de quartzo, caracterizando-se ainda, a seqüência metavulcano - sedimentar nas cabeceiras do Ribeirão Tomé Gonçalves.

A continuidade da pesquisa se deu com o Projeto "Ouro Tapera Grande-Pesquisa de Detalhe" (IPT,1984), quando os trabalhos revelaram o controle lito-estrutural da mineralização aurífera, com teores de ouro variando de 7,1 ppm a 13,0 ppm em rocha metavulcanoclástica e meta-chert, respectivamente, obtidos por absorção atômica.

Estudos geocronológicos, permitiram posicionar a seqüência metavulcano-sedimentar no mínimo no Proterozóico Inferior.

Como consequência dos trabalhos até então conduzidos a nível de semidetalle e detalhe, foi desenvolvido em IPT, 1985 trabalhos a nível regional, visando conhecer a distribuição geoquímica de elementos menores na seqüência metavulcano-sedimentar de Itaberaba.

Os trabalhos conduzidos nessa nova etapa permitiram reconhecer que o ouro secundário em amostras de solo coletadas no intervalo de 0 a 30 cm de profundidade, apresentaram uma variação de 1 a 21 partículas finas de ouro e que as mineralizações primárias acham-se associadas às rochas vulcanoclásticas e às formações ferríferas metamorfisadas. Na seqüência metavulcano sedimentar foram detectadas ainda anomalias de cobre e zinco, enquanto que anomalias de chumbo estão restritas às bordas dos granitóides.

Com o intuito de caracterizar melhor as rochas da seqüência metavulcano-sedimentar de Itaberaba nos seus aspectos mineralógicos, químicos e petrográficos, bem como definir critérios para sua classificação e interpretações petrogenéticas, foi implantado o Projeto "Estudo Petroológico da Seqüência Vulcano-Sedimentar de Itaberaba-SP" (IPT, 1986). Estudos desenvolvidos essencialmente em amostras de testemunhos de sondagem da área da ocorrência de ouro Tapera Grande, revelaram uma seqüência cálcio-silicática metassedimentar, e uma seqüência toleítica metavulcânica, que corresponderia a basaltos de fundo oceânico, intercalados na seqüência metassedimentar.

O nível de detalhe das observações efetuadas na área, aliado à disponibilidade de amostras de subsuperfície das diversas unidades litológicas presentes, levaram a conclusão que essa região apresentava condições adequadas para desenvolver um trabalho experimental e orientativo de prospecção geoquímica sobre a distribuição do ouro e outros elementos associados, em solos e rochas, visando reconhecer padrões de comportamento específico.

A partir desses conhecimentos, objetivou-se estabelecer procedimentos de prospecção geoquímica que pudessem ser aplicados a outras áreas de ocorrência do Grupo Serra do Itaberaba, e mesmo de outras seqüências Pré-Cambrianas, como meio de reconhecer alvos potenciais para mineralizações auríferas similares. Estas áreas menores, por sua vez, poderiam ser subseqüentemente detalhadas por outros trabalhos adequados seja de prospecção geoquímica ou de mapeamento detalhado e geofísica.



## GEOLOGIA REGIONAL

A região estudada situa-se em um bloco tectônico limitado pelas falhas de Jundiuvira a norte, do Rio Jaguarí a sul, do Mandaqui a oeste e de Sertãozinho a leste (FIGURA 2) denominado Bloco Guarulhos por CAMPOS NETO & BASEI (1983).

Neste bloco são distinguidos basicamente duas unidades geológicas, os Grupos São Roque e Serra do Itaberaba.

### GRUPO SÃO ROQUE

Este grupo é constituído predominantemente por metassedimentos de tríticos (metapelitos e metapsamitos), com metassedimentos químicos e meta-ígneas de composição básica a ácida, subordinados. Este grupo, está restrito às porções norte-nordeste do Bloco Guarulhos, limitando-se com seu embasamento através de falhamento nos contatos observados até o momento.

Os metassedimentos (filitos sericíticos e quartzo mica xistos), normalmente estão metamorfisados na fácies xisto verde, sendo que próximo das bordas dos corpos graníticos ocorre um incremento do grau metamórfico, representado pela presença de sillimanita e estauroclita.

Os metassedimentos químicos formam lentes descontínuas não muito extensas, estando representados por calcários, mármore e dolomitos.

Corpos anfibolíticos e lentes de metariorodacitos são restritas, em quanto que os metaconglomerados com matriz clorítica e muscovítica dando para filitos conglomeráticos e associados a cataclasitos e milonitos de rochas granitoides/gnaissicas, são consideradas como possível formação basal do Grupo São Roque.

### GRUPO SERRA DO ITABERABA

Trata-se da unidade de maior extensão superficial no Bloco Guarulhos, apresentando uma ampla variedade de metamorfitos sendo peculiar a presença de uma sequência metavulcano-sedimentar.

O padrão de afloramentos de diversas unidades é ditados pelas estruturas dômicas de rochas granito-gnaissicas circundadas por metassedimentos pelíticos e químicos e supracrustais.

O fácies metamórfico predominante é o anfibolítico de grau médio, não sendo raras paragêneses minerais do grau xisto verde.

Os metassedimentos (metapsamitos e metapelitos) estão representados por quartzitos e vários outros tipos petrográficos, entre os quais se destacam os xistos com quartzo, sericita, e/ou muscovita e biotita como acessórios. Devido ao incremento do metamorfismo, localmente ocorrem ainda, quartzo-muscovita xistos portadores de andaluzita, granada, estauroclita, cordierita ou cianita.

Não são raros metassedimentos grafitosos e/ou manganíferos, em geral contendo níveis de espessura milimétrica a subcentimétrica de quartzitos finos, interpretados como metacherts por JULIANI & BELJAVSKIS, 1983.

Os metassedimentos químicos compreendem as rochas cálcio-silicáticas e formações ferríferas em seus diferentes fácies. As rochas cálcio-silicáticas agrupam vários termos petrográficos, tais como epidoto-actinolita xisto, flogopita-actinolita-diopsídio xisto e calcita-epidoto-actinolita xisto. As formações ferríferas estão representadas por pessaertita-cummingtonita xisto e xistos limoníticos com goethita e grunerita e/ou cummingtonita. Estes últimos litotipos estão comumente associados às rochas vulcânicas e/ou metassedimentos tuífticos e metais sedimentos impuros.



As rochas meta-ígneas agrupam termos de composição essencialmente básica, ou seja, anfibolitos, hornblenda xistos e metatufos básicos, além de metavulcanoclásticas e metavulcânicas de composição intermediária, subordinadas.

As rochas piroclásticas são petrograficamente representadas por hornblenda-biotita xistos, metabasitos e hornblenda gnaisses de composição tonalítica (metatufo intermediário).

As rochas meta intermediárias ocorrem de modo subordinado, correspondendo a epidoto-plagioclásio-quartzo-muscovita xisto e epidoto-plagioclásio-biotita-quartzo xisto.

Rochas gnáissicas afloram, de modo geral, nas proximidades de falhamentos terminais do Ciclo Brasileiro, e em grande parte são produtos destas zonas de cisalhamento.

Regionalmente, ainda ocorrem corpos granitóides de grande expressão, sendo os batólitos graníticos pertencentes suite Cantareira de JANASI & ULBRICH (1985). Estes corpos graníticos são caracteristicamente discordantes e intrusivos.

#### GEOLOGIA LOCAL

A área em estudo, abrangendo cerca de 38 km<sup>2</sup>, está inserida totalmente no contexto geológico do Grupo Serra do Itaberaba.

A sequência metavulcano-sedimentar compreende metassedimentos terrígenos e químicos, rochas metabásicas, meta-ácidas e piroclásticas de composição básica à intermediária.

As unidades reconhecidas na área dispostas do topo para base, são as seguintes:

a) metassedimentos aluminosos

São representados predominantemente por andaluzita-quartzo-sericita xisto, rocha predominante desta unidade que macroscopicamente é bem foliada e apresenta uma coloração cinza com tonalidades esverdeadas, e granulometria fina.

Os contatos desta unidade com os filitos sericíticos e/ou manganesíferos é marcadamente gradacional.

b) filitos sericíticos manganesíferos

As rochas desta unidade apresentam-se alteradas, sendo macroscopicamente descritas como filitos arroxeados, laminados e bandados pela alternância de níveis argilosos com outros portadores de óxido e/ou hidróxido de manganês disseminados. Nota-se ainda, em parte desta unidade, com maior enriquecimento em manganês. Na extensão nordeste do corpo onde ocorre maior enriquecimento em carbonatos, a rocha adquire tonalidade esbranquiçada sendo portadora de intercalações de leitos quartzosos centimétricos interpretados como prováveis metacherts.

c) sericita xistos

Esta unidade compreende principalmente sericita xistos, quartzo-sericita xistos e biotita-sericita xistos.

Subordinadamente, ocorrem na área tipos porfiroblásticos, representados por cordierita-biotita-quartzo xisto, andaluzita-xisto e biotita-estaurolita-cianita-cordierita xisto, entre outros.

Os contatos desta unidade com os metassedimentos manganesíferos e aluminosos e com as rochas cálcio-silicáticas, são gradacionais, sendo ainda observadas intercalações diversas destes metassedimentos com os filitos sericíticos e a formação ferrífera.

d) formação ferrífera - fácies silicato e óxido

Esta unidade está representada por espessartita-cumingtonita



xisto, goethita xisto, turmalinito e filito quartzo- manganesífero.

Em afloramento as rochas desta unidade geralmente acham-se bastante alteradas, bandadas e laminadas, com níveis de metachert, de 0,1 a 0,5 cm de espessura, alternados com níveis ricos em óxidos de ferro e manganês, anfíbolíticos ou ainda turmalina (schorlita e dravita) e pirita.

Pelas suas características e pelos resultados analíticos dispo- níveis, esta unidade corresponde a uma formação ferrífera com ampla variação faciológica, segundo JAMES, 1954 e GROSS, 1973, que guarda semelhanças com as "Banded Iron Formation" arqueanas tipo Algoma (JULIANI et alii, 1986).

e) metatufitos

As rochas pertencentes a esta unidade correspondem a pequenos corpos dispostos de acordo com a estruturação local e geralmente apresentam-se alteradas. São argilosas, laminadas e bandadas por níveis de diferentes cores e composição, comumente com delgados leitos de metacherts e mais raramente fragmentos alterados de metatufos básicos.

Os contatos desta unidade com os metassedimentos e metatufos básicos e com xistos sericíticos são gradacionais.

f) grafita xistos

Esta unidade é constituída por grafita xistos e/ou xistos grafitosos, nos quais se alternam lâminas e bandas branca a cinza, com outras mais grafitosas (cinza escuras).

A característica desta camada, na qual por vezes os níveis grafitosos mais puros são subordinados e mesmo ausentes, está na presença de disseminações ou bandas centimétricas de sulfetos, essencialmente pirrotita e pouca pirita.

Estes aspectos sugerem tratar-se de sedimentos depositados em águas profundas, juntamente com sulfetos sedimentares (PLIMER, 1978).

Os litotipos desta unidade apresentam contatos gradacionais com as metabásicas.

g) metatufos básicos

Esta unidade é representada por um pequeno número de corpos com limitadas extensões laterais. Correspondem a metatufos básicos, por vezes com evidências macroscópicas de estruturas vulcanoclásticas preservadas.

As rochas desta unidade, petrograficamente, são classificadas como hornblenda xisto e biotita-hornblenda xisto. De maneira mais restrita, ocorre ainda epídoto-hornblenda xisto, descrito por COUTINHO et alii, 1984, como hialoclastitos.

Os contatos dos metatufos básicos com as metabásicas, rochas meta vulcanoclásticas e metatufos são gradacionais.

h) metatufos intermediários

Esta unidade é representada por pequenos corpos lenticulares condicionados à estruturação local.

Trata-se de rochas metavulcanoclásticas, ou metacherts, ou metabrechas autoclásticas na acepção de LAJOIE (1979), que petrograficamente são classificadas como hornblenda gnaisses de composição tonalítica.

As rochas frescas, são constituídas essencialmente por hornblenda e plagioclásio, tendo como acessórios granada e magnetita podendo localmente atingir uma concentração de 5 a 10%.

Os sulfetos, essencialmente pirrotita e além de pirita e, calcopirita, subordinadas ocorrem disseminados, formando buchos ou em



filmes remobilizados em microfraturas.

Esta unidade, que encerra a mineralização aurífera, é interpretada como sendo a fácies mais próxima da deposição piroclástica, evidenciada pela granulometria dos fragmentos (aglomerados e brechas autoclásticas) e pelo surgimento de piroclastos de composição relativamente mais ácida (plagioclasitos).

Os contatos desta unidade com os metatufos e com as rochas cálcio-silicáticas são gradacionais.

#### i) rochas cálcio-silicáticas

Esta unidade está representada por corpos lenticulares de pequena extensão lateral. São sedimentos químicos metamorfisados, petrograficamente classificados como rochas cálcio-silicáticas. Os termos mais comuns são os epidoto-actinolita xisto, flogopita-actinolita-diopsídio xisto, calcita-epidoto-actinolita xisto, epidotitos e mármores.

O quimismo destas rochas foi estudado por COUTINHO et alii (1982) que mostraram serem elas originadas pelo metamorfismo de margas dolomíticas com contribuição pelítica, e por vezes com significativas contaminações de tufos básicos.

Esta unidade é interpretada como a fase inicial da sedimentação química sobre as rochas efusivas básicas que naturalmente ainda recebeu no seu início material piroclástico oriundo de atividade vulcânica explosiva.

As rochas cálcio-silicáticas apresentam contatos gradacionais com os metatufos básicos, metatufitos e metassedimentos sericíticos.

#### j) rochas meta-intermediárias a meta-ácidas

Em superfície, constituem corpos alongados, descontínuos, que também foram identificados em alguns furos de sondagem.

São rochas ígneas de composição intermediária a ácida, petrograficamente classificadas em metandesitos, metadacitos e plagioclásio-muscovita xisto.

De acordo com o ambiente geológico, estas rochas representariam corpos de felsitos originados no final do ciclo efusivo básico (toleítico) em ambiente marinho subaquoso.

Esta unidade apresenta contatos gradacionais com os metassedimentos sericíticos e metatufos básicos.

### ESTUDOS GEOQUÍMICOS ORIENTATIVOS

Trabalhos de prospecção pedogeoquímica de caráter orientativo são freqüentemente aplicados na área de pesquisa mineral, para estabelecer padrões de comportamento e identificação parâmetros de dispersão dos elementos.

A litogeoquímica apesar de sua crescente aplicação com resultados positivos em vários países, como Canadá, União Soviética e Austrália, tem sido pouco difundida em nosso País.

Este trabalho enfatiza os procedimentos geoquímicos aplicados às seqüências metavulcano-sedimentares portadoras de mineralizações auríferas e aos solos dela derivados.

A litogeoquímica experimental foi aplicada em escala de detalhe, afim de estudar a dispersão primária dos elementos menores nas rochas hospedeiras da mineralização aurífera, em relação as suas equivalentes não mineralizadas.



Foram estudados principalmente os aspectos referentes a coleta e preparação de amostras, seleção de elementos com características de rastreadores da mineralização aurífera, procedimentos de análise química e tratamento estatístico dos resultados obtidos.

Foi verificado o comportamento dos elementos As, Sb, W, Cu e Ag, como possíveis rastreadores da mineralização aurífera, em solo e rocha.

### Prospecção Geoquímica em Solos

No âmbito internacional, o elemento As, de acordo com BOYLE e JONASSON (1973), é considerado como um bom rastreador na prospecção geoquímica para cerca de 20 elementos entre eles o Au. De acordo com estes autores, em solos normais de várias partes do mundo o teor de As varia de 0,1 ppm a 55 ppm, com uma média de 7,2 ppm.

MAZZUCCHELI e JAMES (1966 e 1980), realizaram trabalhos de prospecção geoquímica orientativa e de aplicação regional em áreas com coberturas lateríticas, visando mineralizações auríferas. Para tanto, foi utilizado o As como rastreador do Au, na área da mina Surprise em Coolgardie (Western Austrália). Os resultados demonstraram que as mineralizações auríferas do tipo "shear zone" poderiam ser detectadas através das anomalias de As, com valores anômalos de 50 a 80 ppm.

No Brasil, fortes correlações entre o conteúdo de Au e As, foram encontrados também nas seqüências metavulcano-sedimentares do Rio Itapicuru (Ba) e Crixás (Go). No "greenstone belt" do Rio Itapicuru, os teores de As nos solos, recobrando a faixa Weber, portadora das mineralizações auríferas, variaram de 5 a 1200 ppm (TEIXEIRA, 1981 e 1985), enquanto que em Crixás, foi definido um limiar de significância de 90 ppm no alvo Meia Pataca (MAGALHÃES et alii, 1984).

Trabalhos desenvolvidos pela CPRM, na região do Vale do Ribeira (SP), definiram ocorrências de mineralizações auríferas polimetálicas. Trabalhos de prospecção geoquímica em solos revelaram forte correlação As-Au (inf. verbal MOTTA). Resultados semelhantes foram encontrados na região de Mairiporã (SP), onde vênulas de quartzo e níveis mais quartzosos portadores da mineralização aurífera, associados a filitos sericíticos, apresentaram teores de As variando entre 3 ppm e 1560 ppm. (inf. verbal BARBOUR, 1988). Com relação ao W, além da possível aplicação na prospecção geoquímica de solos em áreas scheelitíferas (GRANIER 1958), pouco foi divulgado, sobre seu potencial de aplicação em solos para outros tipos de mineralizações.

O elemento Cu, um dos mais utilizados para a prospecção geoquímica de mineralizações polimetálicas, apresenta normalmente uma dispersão secundária em solos ampla e seletivamente homogênea embora no caso do ouro, não discrimine, necessariamente as zonas mineralizadas das áreas estéreis.

Os trabalhos de pedogeoquímica na área de Salobo-3A(PA), desenvolvidos por HERRERA & RAMOS, 1984, mostrou uma correlação positiva para Cu-Au ( $r=0,58$ ), indicando a associação do ouro com o cobre. Também nos trabalhos de prospecção geoquímica desenvolvidos pela CPRM, na região Vale do Ribeira (SP), foi identificada uma forte correlação Cu-Au nas mineralizações de ouro polimetálicas (inf. verbal MOTTA, 1988).

Especificamente na área da ocorrência de ouro Tapera Grande, foi investigada a distribuição de Cu, As, Ag, Sb e W em diferentes horizontes pedológicos, frações granulométricas e ataques químicos visando caracterizar o padrão de dispersão secundária destes elementos em relação à mineralização aurífera.



A partir destes estudos, concluiu-se que o horizonte B é o mais favorável para a amostragem, a fração granulométrica natural menor que 65 mesh mostrou-se mais eficiente para as análises geoquímicas e o ataque parcial por água régia o mais adequado. Os trabalhos de prospecção geoquímica de solo, ao contrário do que era esperado, não confirmaram a presença dos elementos As, Sb e Ag em níveis de concentração significativa para a área mineralizada. Entretanto, a presença de As associado ao ouro em mineralizações auríferas epigenéticas nas bordas da sequência metavulcano-sedimentar, faz com que sejam recomendados estudos geoquímicos adicionais para estes elementos.

O elemento Cu foi estudado pormenorizadamente nos diferentes agrupamentos litológicos, no contexto da sequência metavulcano-sedimentar. Os resultados obtidos mostram que não há correlação direta entre Cu-Au para este tipo de mineralização, embora os teores de Cu e de Au no horizonte C variaram de 106 a 600 ppm e de 0,05 e 1,80 ppm, respectivamente.

Os estudos pedogeoquímicos, para o Cu revelaram ainda, a possibilidade de se utilizar este elemento como discriminante na separação de uma sequência não produtiva (metassedimentos terrígenos) da sequência potencialmente produtiva (metavulcânica e metassedimentos químicos), utilizando-se para tanto o "background" de 67 ppm, nas condições de ataque por água régia e análise por absorção atômica.

O elemento W foi detectado nos diferentes horizontes pedológicos, na associação litológica que encerra a mineralização aurífera na área, com valores muito irregulares variando de 8 a 80 ppm, indicando a associação W-Au.

### Prospecção Litogeoquímica

Estudos litogeoquímicos são amplamente aplicados em áreas que encerram mineralizações dos mais diversos elementos, entre os quais o ouro. O estudo dos padrões de distribuição dos elementos maiores e menores que estão espacialmente relacionados com a mineralização aurífera, a nível regional e detalhe, vem se constituindo em uma ferramenta útil no campo da pesquisa e prospecção mineral, tendo-se destacado as associações de Au com As, Ag, Cu, Sb e W.

A descoberta, em 1968, do depósito de ouro do tipo Carlin em Cortez (Nevada), se revelou em um dos primeiros triunfos da exploração litogeoquímica no Ocidente, em quanto que na U.R.S.S. este método de prospecção é utilizado desde a década de 30. ERICKSON et al., (1964a), já havia constatado a presença de quantidades anômalas de As, Sb e W em amostras coletadas em fraturas e "jasperóides" que ocorrem em calcários.

Em continuidade a seus estudos, ERICKSON et al., (1964b), identificou a presença de As, Sb, W e Hg nos depósitos de ouro disseminado de Carlin, Gold Acres, Boots Trap e Getchell. Posteriormente, os estudos realizados por WELLS et al. 1969, confirmaram esta associação geoquímica para os depósitos de ouro em Cortez (in GOVETT, 1983).

Estudos recentes desenvolvidos por BEAUDOIN et al. 1987, nos depósitos de ouro epigenético de Dest-Or, no distrito de Noranda (Canadá), revelaram que os elementos As, Sb e W, podem ser utilizados na definição de halos geoquímicos primários dos corpos mineralizados deste tipo de mineralização.

A presença de As e Sb, associados às mineralizações auríferas, foi constatada também em vários depósitos canadenses, tais como em Con e Giant (2700 ppm As/95 ppm Sb); Dickenson (3210 ppm As/113 ppm Sb); Agnico Eagle (1900 ppm As/57 ppm Sb) e Kerr Addison (260 ppm As /



46 ppm Sb) de acordo com FYFE & KERRICH, 1984, comprovando uma vez mais a associação As-Sb-Au para depósitos do tipo epigenético.

Ainda quanto ao elemento W, observou-se que teores muito variáveis estão relacionados às rochas portadoras da mineralização aurífera, como mostram os estudos de FYFE & KERRICH (1984), nas minas de ouro nos "greenstone belts" canadenses, entre as quais as minas de East Malartic, Kerr Addison e O'Brien, onde foram constatados teores de W, variando entre 49 ppm e 58 ppm, 53 ppm e 180 ppm e 3 ppm e 125 ppm, respectivamente.

Entre as mineralizações auríferas brasileiras, no depósito da Fazenda Brasileiro (Ba), no contexto da seqüência metavulcano-sedimentar do Rio Itapicuru, os teores de As na zona mineralizada atingem até 1900 ppm, enquanto que o Sb se apresenta em concentrações extremamente baixas, da ordem de até 3 ppm (MONTE LOPES, 1982).

Nos domínios do "greenstone" Rio das Velhas na mina Morro Velho (MG), a zona mineralizada é extremamente rica em arsenopirita e o minério apresenta um teor variando entre 10 000 e 30 000 ppm de As (LAI DEIRA, 1985).

A presença de Sb e W (estibinita-scheelita) associada às mineralizações auríferas no "greenstone" Rio das Velhas, foi verificada através de trabalhos de pesquisa nas áreas do Morro do Galo, Morro da Glória e Juca Vieira, (PEREIRA & SANTOS, 1983 e 1985).

Com relação ao elemento Cu, nas minas Fazenda Brasileira (BA) e Morro Velho (MG), as rochas das zonas mineralizadas apresentam uma variação de teores muito ampla, de 3 a 304 ppm e de 8 a 3800 ppm respectivamente, enquanto que nas rochas não mineralizadas da Fazenda Brasileiro os teores variam entre 8 e 168 ppm. Tal fato sugere que neste depósito não ocorre uma correlação direta entre os elementos Cu-Au.

Na ocorrência de ouro Tapera Grande foi estudada a distribuição de As, Sb, Cu, W e Ag, observando-se que o As e Sb ao contrário das expectativas baseadas em outras regiões auríferas, estes elementos não ocorrem associados à mineralização aurífera em teores significativos.

Os elementos Cu, apesar de mostrar um certo enriquecimento quando associado aos litotipos portadores da mineralização aurífera, apresenta teores variando entre 2 e 810 ppm, sendo que os estudos estatísticos dos dados, revelaram que não existe uma correlação direta Cu-Au.

Na área Tapera Grande, o tungstênio ocorre na forma de scheelita (BELJAVSKIS et alii, 1983), e finalmente disseminado nas rochas mineralizadas. Essas rochas apresentaram teores de W variando de 210 ppm a 1040 ppm, contrastando sobremaneira com suas equivalentes não mineralizadas, onde a presença deste elemento não foi detectada. conclui-se que, o comportamento deste elemento permite discriminar as rochas produtivas e não produtivas pertencentes à seqüência metavulcano-sedimentar na área Tapera Grande.

A prata apresentou teores variando de 0,03 ppm a 10,5 ppm e distribuição errática em relação ao ouro nas faixas mineralizadas, não podendo se estabelecer correlações entre rochas produtivas e não produtivas sem estudos adicionais.

Com relação ao ouro, observou-se que o mesmo está associado às rochas metavulcanoclástica, metatufos e metacherts, sendo subordinado mineralizações em veios de quartzo.

Os teores obtidos por absorção atômica variaram de 0,06 e 7,1 ppm em metatufos e metavulcanoclásticas e de 0,07 a 13,0 ppm em metachert, enquanto que os teores obtidos por "fiveassay", variaram entre 0,4 e



11,8 ppm em metatufos e metavulcanoclástica. Esta variação de teores de Au, obtidos por diferentes métodos absorção atômica e "fire assay", mostraram que os mesmos devem ser aplicados dependendo da fase dos trabalhos de pesquisa. Recomenda-se a utilização do método analítico por absorção atômica para análise do Au na fase inicial das pesquisas e o "fire assay" na fase final ou de detalhe.

## CONCLUSÕES

Os estudos geoquímicos em caráter orientativo mostraram sua importância no planejamento, otimização e desenvolvimento de campanhas de exploração mineral, pois alguns elementos que comumente acham-se associados às mineralizações auríferas do tipo epigenética (As e Sb) não foram confirmadas para a ocorrência de ouro Tapera Grande.

Através deste trabalho foi possível caracterizar que o elemento Cu em solo, pode ser considerado discriminante de uma sequência litológica produtiva (mineralizada) de Au de uma não produtiva (estéril). Em outras palavras, a nível regional através deste elemento a prospecção geoquímica pode selecionar áreas potenciais para conter a mineralização aurífera para o desenvolvimento da pesquisa mais detalhada.

A litogeoquímica mostrou uma associação Au-W, demonstrando não só comportamento semelhante a outros depósitos de ouro associados a sequências metavulcano-sedimentar, como constitui um possível elemento rastreador da mineralização aurífera, além de permitir discriminar rochas produtivas das não produtivas em sequências metavulcano-sedimentar.

A proximidade da capital, a presença de antigas lavras e colúvios auríferos, aliados a elevados teores de Au, além do controle litotestratigráfico da mineralização aurífera definido, conferem interesse particular para a ocorrência de ouro Tapera Grande no contexto do Estado de São Paulo.

## BIBLIOGRAFIA

- BEAUDOIN et al. 1987. Distribution of gold arsenic, antimony and tungsten around the Dest-Or arebody, Noranda District, Abitibi, Quebec. Jour. Geoch. Explor. 28: 41-70.
- BELJAVSKIS et alii. 1983. Novas ocorrências minerais no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4, São Paulo. 1983. Ata... São Paulo, SBG. p.293-300
- BELJAVSKIS et alii. 1984. Prospecção de bauxita nas Serras de Itaberaba e Pedra Branca-SP. Ciências da Terra. (10): 20-24.
- BISTRICHI, C.A. 1982. Geologia do sinclínório de Pirapora do Bom Jesus, Estado de São Paulo, São Paulo, 11 (Dissertação de Mestrado ao Inst. de Geoc. USP).
- BOYLE, R.W. & JONASSON, I.R. 1973. The geochemistry of arsenic and its use as an indicator element in geochemical prospecting. Jour. Geoch. Explor., (2): 251-296.



- CAMPOS NETO, M. de C. BASEI, M.A.S. 1983. Importância dos falhamentos transcorrentes na configuração do Prê-Cambriano entre São José dos Campos e Amparo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4, São Paulo. Ata..., São Paulo, SBG, p. 79-90.
- CARNEIRO, C.D.R. 1983. Análise estrutural do Grupo São Roque na faixa entre o Pico do Jaraguá e a Serra dos Cristais-SP. São Paulo. 152 p. il (Tese de doutoramento apresentada ao Instituto de Geociências-USP).
- COUTINHO, J.M.V. et alii. 1982. Geologia e petrologia da Sequência Vulcano-Sedimentar do Grupo São Roque do Itaberaba-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, Salvador, 1982. Anais..., Salvador, SBG. v.2, p. 624-640.
- COUTINHO, J.M.V. et alii. 1984. Geologia e petrografia de anfibolitos vulcanoclásticos no Grupo São Roque em Tomé Gonçalves-Região da Serra do Itaberaba SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG, v.9 p.4291-4298.
- FYFE, W.S. & KERRICH, R. 1984. Gold: Natural concentration process. In: FOSTER, R.P. (Ed.). Gold'82: The geology, geochemistry and genesis of gold deposits. Rotterdam, Balkema p. 99-127.
- GOVETT, G.J.S. 1983. Rock geochemistry in mineral exploration. Handbook of Exploration geochemistry v.3 (E.S.P.C. inc.) p.429.
- GRANIER, C. 1958. Dispersion secondaire du tungstène et de l'arsenic en soil résiduel. Bull. Soc. Franç. Miner. Crist. LXXXI, p. 194-200.
- GROSS, G.A. 1973. the depositional environment of principal types of Precambrian iron. formations. Earth Sciences, 9: 15-30.
- HERRERA, G.T.M. & RAMOS, F.F.J. 1984. Distribuição dos elementos Cu, Au, Co, Ni, Zn, Mn e Fe em solos no depósito de cobre de Salobo-3A, Serra dos Carajás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33 Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG, v.8, p.4661-4672.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A.-IPT. 1981a. Avaliação preliminar das potencialidades das ocorrências minerais do Estado de São Paulo. 2v. il. (IPT, Relatório, 15 849).
- \_\_\_\_\_. 1981b. Avaliação das ocorrências de bauxita na região de Nazaré Paulista. São Paulo. 2v. il (IPT, Relatório, 17257).
- \_\_\_\_\_. 1982a. Ouro no Estado de São Paulo, avaliação das ocorrências selecionadas. São Paulo, 2v. il. (IPT, Relatório 16 680).
- \_\_\_\_\_. 1982b. Avaliação das áreas potenciais para ouro, Caconde, Nazaré Paulista. São Paulo. 2v. il. (IPT, Relatório, 17891).
- \_\_\_\_\_. 1984. Ouro-Tapera Grande; pesquisa de detalhe. São Paulo, 3v. il. (IPT, Relatório, 20719).



- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. - IPT. 1985. Prospecção de metais-base na seqüência vulcano-sedimentar de Itaberaba-SP. São Paulo 2v. il. (IPT, Relatório 22 434).
- \_\_\_\_\_. 1986. Estudo petrológico da seqüência vulcano-sedimentar de Itaberaba-SP. São Paulo 2v. il. (IPT, Relatório, 24 510).
- JAMES, H.L. 1954. Sedimentary facies of iron-formation. Econ. Geol., 49, (3): 235-293.
- JANASI, V. de & ULBRICH, H.H.G.J. 1985. Avaliação das informações disponíveis para os granitóides do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 5, São Paulo, 1985. Atas... São Paulo, SBG/SP. p.133-146.
- JULIANI, C. & BELJAVSKIS, P. 1983. Geologia e evolução geológico-estrutural preliminar do Grupo São Roque na região da Serra do Itaberaba (SP). In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4, São Paulo, 1983. Atas... São Paulo, SBG/SP. p.113-126.
- JULIANI, C. et alii. 1983. Mineralizações de ouro nas Serras de Itaberaba e Pedra Branca-SP. Geologia e prospecção. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4, São Paulo. 1983. Atas... São Paulo, SBG/SP p. 301-312.
- JULIANI, C. et alii. 1986. Petrogênese do vulcanismo e aspectos metalogenéticos associados: Grupo Serra do Itaberaba na região do São Roque-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, Goiânia, 1986. Anais... Goiânia, SBG. v.2, p. 730-745.
- KNECHT, T. 1939. As ocorrências de minérios de ferro e pirita no Estado de São Paulo. São Paulo, IGG. 90 p. il. (Boletim, 25).
- \_\_\_\_\_. 1950. Ocorrências minerais do Estado de São Paulo. IGG. São Paulo, 1: 145 p. il.
- LAJOIE, J. 1979. Facies models 17: Volcaniclastic. In: WALTER, R. J., Ed. Facies models. 1980. p. 191-200 (Geosc. Canadá - Reprint. Serv. 1).
- MAGALHÃES, L.F. et alii. 1984. Geologia prospecção e pesquisa de ouro no greenstone belt de Crixás - algumas considerações. In: Iº ENCONTRO REGIONAL DO OURO DE GOIÁS, Goiânia, 1984. Anais... Goiânia, SBG/GO. p. 26-39.
- MONTE LOPES, C.A. 1982. Algumas características geológicas e geoquímicas das mineralizações de ouro na área da Jazida da Fazenda Brasileiro - Bahia. p. 99 il. (Dissertação de Mestrado em Geociências - UFBA).
- NORONHA, A. de V. 1960. Guarulhos Cidade Símbolo; história de Guarulhos. São Paulo, Gráfica Schimdt, 113 p.
- PLIMER, I.R. 1978. Proximal and distal stratabound ore deposits. Miner. Deposita, (13): 345-353



SANTORO, E. 1984. Geologia da Folha de Cabreuva, S.P. São Paulo. 120 p. il. (Dissertação de Mestrado apres. ao Inst. Geoc. USP).

TEIXEIRA, J.B.G. 1981. Prospecção de ouro na área do greenstone belt do Rio Itapicuru, Estado da Bahia. Ciências da Terra. (1): 6-12.

\_\_\_\_\_. 1985. informação verbal.



BOLETIM TÉCNICO - TEXTOS PUBLICADOS

BT/PMI/001 - Características Geométricas da Escavação Mecânica em Mineração: Exemplo da Escavadora de  
Caçamba de Arraste - ANTONIO STELLIN JUNIOR



Dr. J. W. P. (20/10/182)