

PESQUISA DE MINERALIZAÇÕES SULFETADAS

NA BACIA SERGIPE/ALAGOAS

PROPOSIÇÃO PARA PROJETO

C P R M

K
1975

AGÊNCIA SALVADOR

MAIO - 1975

S U M Á R I O

1. INTRODUÇÃO
2. CONSIDERAÇÕES GERAIS
 - 2.1 Critérios gerais para identificação de mineralizações sulfetadas em depósitos estratiformes (controles de mineralização)
 - 2.1.1 Controles geológicos gerais
 - 2.1.2 Controle paleoclimático
 - 2.1.3 Controle geotectônico
 - 2.1.4 Controle litológico
 - 2.1.5 Controle estratigráfico
 - 2.1.6 Controle geoquímico
 - 2.1.7 Controle de relacionamento com ciclos de sedimentação
 - 2.1.8 Controle de relacionamento com evaporitos
 - 2.1.9 Controle estrutural
 - 2.1.10 Controle de fácies-paleogeográfico
 - 2.1.11 Controle mineralógico e diagenético
 - 2.2 Características gerais da Formação Muribeca (Bacia Sedimentar Sergipe/Alagoas).
3. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS
4. ÁREA PARA PESQUISA
5. METODOLOGIA E SISTEMÁTICA DOS TRABALHOS
 - 5.1 Etapa preliminar
 - 5.1.1 FASE I - Planejamento e estrutura de funcionamento
 - 5.1.2 FASE II - Compilação bibliográfica
 - 5.1.3 FASE III - Análise e tratamento dos dados
 - 5.1.4 FASE IV - Fotointerpretação e cartografia
 - 5.1.5 FASE V - Verificação de campo

5.1.6 FASE VI - Serviços de laboratório

5.1.7 FASE VII - Relatório Preliminar

5.2 Etapa complementar

6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS
7. PESSOAL, EQUIPAMENTOS E PRAZOS
8. ESTIMATIVA ORÇAMENTÁRIA
9. BIBLIOGRAFIA
10. ANEXOS
 - 10.1 Quadro comparativo
 - 10.2 Representação esquemática comparativa
 - 10.3 Análise espectrográfica semi-quantitativa
 - 10.4 Mapa de situação
 - 10.5 Cronograma mensal de atividades

1. INTRODUÇÃO

Uma pesquisa bibliográfica preliminar sobre mineralizações sulfetadas em depósitos sedimentares estratiformes, sem relação com atividades magmáticas, permitiram avaliar a grande importância destes jazimentos, quer singênicos ou epigenéticos, no contexto mundial de recursos minerais.

Dentre as mineralizações sulfetadas mais importantes, a tríade mineral Cu-Pb-Zn ocupa um papel relevante, por ser característica de complexos litológicos mais ou menos definidos, principalmente quando associadas à condições paleoclimáticas semelhantes (clima árido ou semi-árido) entre outras.

A estatística mundial para a produção mineral registra que mais de 40% da produção de cobre é proveniente de mineralizações sulfetadas em depósitos estratiformes, o correndo ainda associados com outros elementos, tais como Ag, Au, Pb, Zn, V, Re e I. Sabe-se também que cerca de 30% da produção de chumbo e zinco é extraída de depósitos estratiformes (7)*.

O exemplo clássico de depósitos deste tipo é o "Kupferschiefer" da região de Mansfeld, na Alemanha, onde de uma marga foliada betuminosa, com teor médio de 2% de sulfetos, são extraídos 51 elementos, sendo os mais importantes Cu, Pb, Zn, Ag, Au, Ni, Pt, Pd, Cd, Re, Tl, V e I. Este exemplo de recuperação química e metalúrgica, e o avanço tecnológico cada vez maior, permitem o aproveitamento de minérios de baixo teor, principalmente quando se dispõem de volumes bastantes grandes.

* - Os números entre parênteses indicam a referência bibliográfica.



CPRM

Tendo em vista a extensão de nossas bacias sedimentares, e a quase inexistência de trabalhos de mineralizações sulfetadas em tais depósitos (a não ser os trabalhos de Farina (6) e Zenker (16)), torna-se necessário um estudo para a identificação destas mineralizações, tal a importância que a descoberta destes depósitos traria para o suprimento das necessidades brasileiras. Valores relativos à produção nacional de elementos não ferrosos, tais como cobre, chumbo e zinco, apresentados pelo CONSIDER (Conselho de Não Ferrosos e Siderurgia), no Programa Nacional de Desenvolvimento da Indústria de Metais Não Ferrosos, indicam que importamos ainda cerca de 68% de cobre, 35% de chumbo e 77% de zinco, entre outros (cerca de US\$ 750 milhões). Tal programa salienta a necessidade de incentivos à pesquisa mineral, para, em curto prazo, equilibrarmos a balança de importações (publicado no Diário Oficial, 03/02/75). Em face das prementes necessidades brasileiras e dos recursos locados para a metalurgia, deverá haver a curto prazo uma vertiginosa expansão das prospecções e pesquisas, e uma explosiva procura de minérios de chumbo e cobre, ainda para os reclames da presente década (cit. por Yvan B. de Carvalho (4)).

Segundo os critérios gerais para reconhecimento de mineralizações sulfetadas em depósitos sedimentares estratiformes, os sedimentos cretácicos da Formação Muribeca, membros Ibura e Carmópolis, na Bacia Sedimentar Sergipe/Alagoas, enquadram-se perfeitamente no esquema focalizado, sendo, por isso, o motivo da presente proposição de projeto.

2. CONSIDERAÇÕES GERAIS

2.1 Critérios para reconhecimento e prospecção de mineralizações sulfetadas em depósitos sedimentares estratiformes (controles de mineralização)

2.1.1 Controles geológicos gerais

Geralmente, tais depósitos estão associados a sedimentos marinhos de água rasas, predominantemente carbonatadas, em baías, golfos, ou partes marginais de algumas bacias salinas (1).

2.1.2 Controle paleoclimático

Renfro (10), no desenvolvimento do processo "Sabkha" explica a gênese dos depósitos metalíferos estratiformes, sob um clima quente árido ou semi-árido, necessário para uma intensa evaporação.

Gorzhevskiy e Kozerenko (7) também definem como de clima árido, e monoclímicas as condições para mineralizações da tríade Cu-Pb-Zn.

Farina (6) inclui a Formação Santana, da Chapada de Araripe, onde ocorrem mineralizações de galena, como sendo depositada em ambiente marinho costeiro, em clima quente árido.

Asanaliyev (1) salienta que se encontrar depósitos salinos e de sulfatos, estes poderão estar intimamente relacionados com rochas carbonatadas com mineralizações de sulfetos.

2.1.3 Controle: geotectônico

Segundo Asanaliyev (1), a intensidade da mineralização é maior quando regiões antigas, dobradas ou falhadas (embasamento cristalino), estão próximas às áreas marginais da costa, servindo, por longo tempo, como fonte de elementos para as formações sedimentares:

2.1.4 Controle litológico

Os controles litológicos diferem um pouco segundo os autores, mas em linhas gerais o complexo litológico é o mesmo.

Os autores russos, comumente, apresentam uma sequência heterogênea constituída de clásticos grossos a finos, calcários, dolomitos, margas e calcários argilosos, anidritas e vários sais, com as mineralizações concentradas, principalmente, nos calcários e dolomitos cinza-escuros a pretos com abundante matéria orgânica (depósito de Tien-Shan e outros, na URSS), e ausentes nos evaporitos e sedimentos terrígenos próximos a zona de praia. Já outros autores (Renfro (10), Nicolini (9), Routhier (11), Farina (6)) apresentam uma sequência bastante uniforme e peculiar, constituída da base para o topo, por clásticos grosseiros ou conglomerados oxidados ou "red-beds", folhelhos mais ou menos betuminosos, margas foliadas, calcários dolomíticos, anidritas e sais solúveis, com as mineralizações concentradas nos folhelhos e margas betuminosas ("Kupferschiefer" da Alemanha).

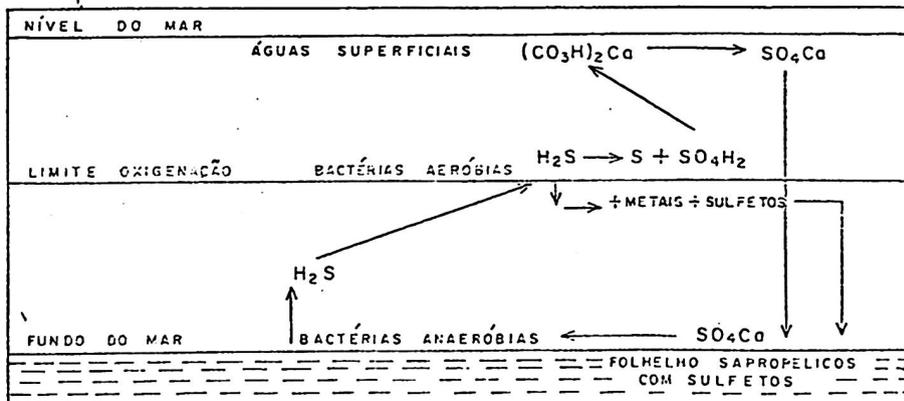
2.1.5 Controle estratigráfico

Os depósitos apresentam excepcional continuidade e estabilidade dos horizontes mineralizados (dezenas a centenas de quilômetros), independentes de fenômenos magnéticos e de grandes fraturas tectônicas. É o caso da Formação Santana, na Chapa da do Araripe, do "Kupferschiefer" da Alemanha, e do "Coperbelt" da Rodésia.

2.1.6 Controle geoquímico

O ambiente, ao nível das mineralizações, é nitidamente redutor e carbonatado, com abundância de matéria carbonosa, betume, carbonatos e micro-organismos.

O ciclo esquemático do enxofre (11), apresentado abaixo, mostra uma das possibilidades de formação de sulfetos, estando os elementos metálicos, ou disseminados na água do mar, ou provenientes de "ilhas" ou partes mais elevadas da bacia de sedimentação.





CPRM

No processo de desenvolvimento de depósitos tipo "Sabkha" (10), as mineralizações também ocorrem nos folhelhos sapropélicos, ricos em matéria orgânica e algas. O aporte de águas continentais por subsuperfície, com baixo pH e alto Eh, transportariam traços de elementos tais como Cu, Ag, Pb e Zn, e ao encontrar o emaranhado de algas e clásticos finos, carregados com H_2S , precipitariam, intersticialmente, como sulfetos, de acordo com a solubilidade relativa frente ao sulfeto de hidrogênio.

2.1.7 Controle de relacionamento com ciclos de sedimentação

As mineralizações tem uma posição definida na seção sedimentar e nos ciclos de sedimentação (1).

Na maioria dos casos, as sequências mineralizadas consistem de três sistemas rítmicos: a) rochas terrígenas ou terrígeno-carbonatadas, b) dolomitos e calcários, c) margas, calcários argilosos, gipsita, anidrita e sais. Em todos os casos considerados as mineralizações ocorrem no segundo do sistema rítmico(7).

Os ciclos de sedimentação, de acordo com os critérios de Lombard (citado em Routhier (11)), são estudados através das curvas de ciclos de sedimentação ou diagramas de previsão, assunto amplamente tratado por Nicolini (9). Tais estudos, realizados em depósitos já conhecidos, permiti



ram verificar que as mineralizações (cupríferas) aparecem no fim das seqüências positivas, ou nas descontinuidades que se sucedem a uma seqüência positiva.

Este método de análise sequencial foi, igualmente, utilizado por A. Bernard (citado em Routhier). Em uma seqüência de coloração avermelhada, os sulfetos se localizam na passagem para cores verdes, o que corresponde a passagem de um meio oxidante para um meio redutor.

A Formação Santana, na Chapada do Araripe, apresenta seqüências positivas e negativas de sedimentação (6), sendo positiva até o nível de evaporitos, e negativa daí até o topo, apresentando três litotopos: folhelhos, calcários e evaporitos. As seqüências positivas e negativas apresentam oscilações, porém as mineralizações (ocorrências de galena) aparecem no ponto de reversão da seqüência positiva para a negativa.

A curva de previsão do "Kupferschiefer" é caracteristicamente positiva, com as mineralizações ocorrendo quase no fim do ciclo (cf. Samama, citado por Farina (6)), e na fase de biostasia. Quanto aos conceitos de bio-rexistasia de Erhart (citado por Routhier (11) e Nicolini (9)), as mineralizações sulfetadas estariam associadas a uma fase biostásica, onde se depositariam sedimentos carbonáticos e argilosos, ricos em matéria orgânica, betume e micro-organismos, entre fases de rexistasia, com erosão acentuada e vegetação rarefeita ou ausente, e deposição de clásticos mais ou menos grosseiros.



CPRM

Ainda com relação aos ciclos de sedimentação, Asanaliyev (1) dá importância especial para as camadas inferiores das séries transgressivas.

2.1.8 Controle de relacionamento com evaporitos

A associação estratigráfica e geográfica de depósitos sedimentares estratiformes mineralizados com evaporitos já foi observada por vários autores, especialmente por M. Brongersma-Sanders(3), que assinala a frequência das ocorrências das mineralizações de sulfetos, estratigraficamente a baixo dos evaporitos. Como exemplos clássicos temos o "Kupferschiefer" da Alemanha e o "Copper belt" da Rodésia, correlacionados com as ocorrências minerais da Chapada do Araripe, na Formação Santana (6).

2.1.9 Controle estrutural

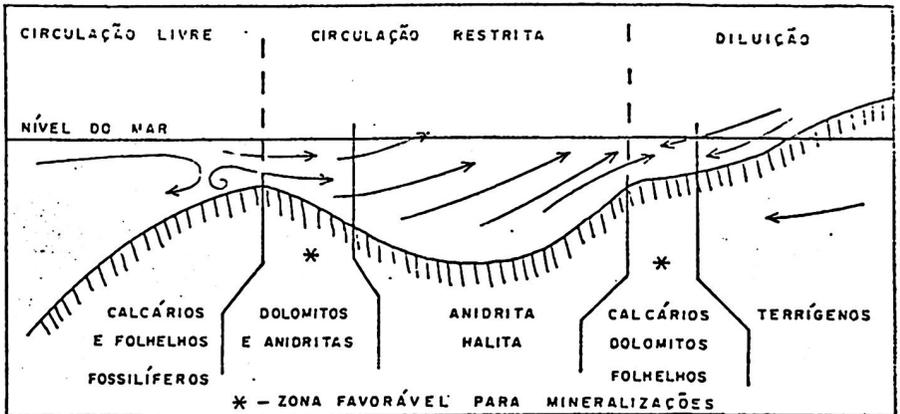
A maioria dos autores evidencia uma grande variedade de controles estruturais, para estes tipos de depósitos.

Os autores russos, porém, em sua maioria, citam um controle relacionado com estruturas penecontemporâneas, localizando-se a maior parte das ocorrências nos declives de paleo-altos ou em estruturas transicionais entre áreas de plataforma e áreas de subsidência (depósitos de Tien Shan e outros, na URSS). Seriam os locais onde se depositariam, também, preferencialmente, os dolomitos(1). Este tipo de controle estrutural, pode ser visua



CPRM

lizado na figura esquemática apresentada abaixo
(segundo Routhier (11)):



2.1.10 Controle de fácies-paleogeográfico

A confecção de mapas de fácies-paleogeográfico são de grande utilidade na identificação de possíveis zonas mineralizadas destacando-se, principalmente, os ambientes de águas-rasas, com condições estagnantes no fundo (1).

2.1.11 Controle mineralógico e diagenético

Geralmente, as mineralizações sulfetadas em sedimentos estratiformes estão disseminadas em clásticos muito finos ou em formações carbonatadas, sendo dificilmente reconhecidas macroscopicamente, e mesmo, microscopicamente.

Assim, o aparecimento de cristais de galena-esfalerita é um controle evidente de mineralização. Geralmente, a associação mineral pode nos dar



CPRM

indicações seguras de possíveis mineralizações, tal como a paragênese - fluorita, barita, dolomita, pirita, calcedônia e matéria orgânica. Também o aparecimento de concreções e cristais pseudomorfos podem ser usados como guias de prospecção.

2.2 Características da Formação Muribeca (Bacia Sergipe/Alagoas)

A Formação Muribeca, em Sergipe, é subdividida em três membros, da base para o topo: membro Carmópolis, membro Ibura e membro Oiteirinhos.

A sequência litológica é assim constituída: Membro Carmópolis - arenitos conglomeráticos e conglomerados cinzentos, castanhos e esverdeados, constituídos por grãos, seixos e matações de composição variada, com predominância de fragmentos do embasamento cristalino (Grupo Vaza Barris). Este aflora à algumas dezenas de quilômetros para oeste da bacia.

Membro Ibura - folhelhos mais ou menos betuminosos, escuros, margas, calcários dolomíticos, anidritas, e sais solúveis. Na parte superior ocorrem ainda calcários, folhelhos e anidritas.

Membro Oiteirinhos - calcários e folhelhos interlamina dos, arenitos e siltitos.

Esta sequência litológica enquadra-se perfeitamente dentro dos critérios litológicos apresentados anteriormente (vide item 2.1.4), sendo que as camadas-chave para



CPRM

possíveis mineralizações sulfetadas seriam os folhelhos mais ou menos betuminosos, da base de Membro Ibura, abaixo dos evaporitos, como também os calcários dolomíticos, segundo os autores russos. Aqui se enquadra também o controle de relacionamento com evaporitos (vide item 2.1.8).

O ambiente de deposição do Membro Carmópolis é interpretado como sendo de leques aluviais e fluviais, com pulsações tectônicas, próximo de áreas fontes (embasamento cristalino), em clima semi-árido.

A seguir, correspondendo ao Membro Ibura, inicia-se a primeira transgressão marinha no Cretáceo da Bacia Sergipe/Alagoas, criando um ambiente de inter-maré, nas áreas marginais, e marinho raso (euxínico) nas partes centrais da bacia. Sob condições de intensa evaporação em clima semi-árido, instalou-se o processo de deposição de evaporitos (15). Tais condições ambientais ajustam-se aos controles já apresentados, como os controles geológicos gerais, paleoclimáticos, geotectônicos e de fácies paleogeográfico (vide itens 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3 e 2.1.10).

Segundo dados da Petrobrás, o Membro Ibura é extensivo por toda a bacia sedimentar, somente ocorrendo em superfície (poços), em profundidades e espessuras variáveis. Isto dificulta a análise em superfície do controle estratigráfico (item 2.1.5), porém o grande número de informações provenientes de poços perfurados na região, dão um controle excepcional da distribuição destes sedimentos, bem como, através de mapas de contorno



CPRM

estrutural e de isópacas, podem dar as condições estruturais e paleo-estruturais, que indicariam as áreas - mais favoráveis para possíveis ocorrências de sulfetos. Tais áreas poderiam ser os flancos dos paleo-altos limitrofes da ocorrência de sais solúveis (vide item 2.1.9).

O folhelho capeador (designação informal usada pela Petrobrás) da base dos evaporitos, bem como alguns folhelhos intercalados nas zonas dos sais solúveis, são escuros, mais ou menos betuminosos, com matéria orgânica, localmente fétidos, retratando um ambiente tipicamente redutor, e grandemente favorável, conforme pode ser observado no controle geoquímico (item 2.1.6). Além disso, muitos testes de formação realizados pela Petrobrás, em áreas da parte continental da Bacia de Sergipe, nas profundidades correspondentes ao "folhelho capeador" e adjacências, recuperaram águas fétidas, tóxicas, sulfurosas, confirmando um ambiente sulfurado e propício à mineralizações.

*See Sirinjeri ho
for examples*

Os conglomerados do Membro Carmópolis poderiam corresponder aos depósitos continentais oxidados, favoráveis à percolação de águas continentais, com elementos traços, característicos da sequência sedimentar típica (parte basal) constante no desenvolvimento do processo "Sabbkha" (10).

A sequência litológica apresentada pela Formação Muribeba, desde os conglomerados basais, do Membro Carmópolis, até o nível dos sais solúveis, do Membro Ibura, enquadra-se, perfeitamente em um ciclo de sedimentação positivo (11). Os folhelhos intercalados nos evaporitos



CPRM

corresponderiam à oscilações dentro da sequência positiva. Segundo os controles de relacionamento com evaporitos (vide item 2.1.7) os pontos de inversão ou flutuações da sequência positiva, seriam os locais ideais para a identificação de possíveis mineralizações sulfetadas.

Os folhelhos da base do Membro Ibura também corresponderiam a uma fase de biostasia, posterior a uma fase rexiástica (arenitos e conglomerados do Membro Carmópolis), encaixando-se nos conceitos de bio-rexiastia (6,11).

Tanto nos folhelhos da base como nos intercalados nos evaporitos, como também nos calcários dolomíticos, não foram identificadas, macroscopicamente, ocorrências de sulfetos, nas amostras de testemunhos de poços perfurados na área de Sergipe. Somente uma ocorrência de pirita e marcassita, disseminada em siltitos da Formação Muribeca, é citada por Braun (2). Assim, não se observam controles mineralógicos evidentes (item 2.1.11), porém as mineralizações deste tipo geralmente estão finamente disseminadas, sendo sua constatação possível apenas através de análises químicas.

Na área sedimentar de Alagoas, encontra-se o Membro Ibura próximo à superfície, tendo sido grandemente erodido. Capeia em algumas áreas os conglomerados do Membro Carmópolis, e é recoberto pela Formação Barreiras. A sequência sedimentar desta área poderia enquadrar-se também, dentro dos critérios gerais para reconhecimento de mineralizações sulfetadas. Ainda, em Alagoas, a



CPRM

Formação Muribeca apresenta mais dois membros sotopostos ao Membro Carmópolis: Membro Tabuleiro do Martins e Membro Maceió. Neste último, ocorre outro ciclo evaporítico, anterior ao de Sergipe, e que apresenta, também, uma sequência sedimentar muito peculiar, constituída de folhelhos betuminosos, calcários e evaporitos (halita). Esta sequência entretanto apresenta-se em profundidades bem maiores do que em Sergipe (em torno de 1000 metros).

3. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

A presente proposição tem por objetivo primordial despertar a atenção para a importância fundamental deste tipo de mineralizações sulfetadas em depósitos sedimentares estratiformes, apresentando como ponto de partida a realização de pesquisas específicas na Formação Muribeca, na Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas.

As justificativas para tal proposição são plenamente suportadas, tendo em vista todos os critérios ou controles de mineralização apontados nos itens anteriores, e seu enquadramento com as características gerais da Formação Muribeca, mais especificamente, o Membro Ibura e o Membro Carmópolis.

A correlação da Formação Santana, da Chapada do Araripe, onde ocorrem mineralizações de galena (6), com a Formação Muribeca, tanto na sequência litológica, como em idade (a presença de ostracodes não marinhos do gênero Cytheridea, principalmente, entre outros, dão uma idade ap



CPRM

tiana para esta formação (15)), assim como a comparação destas formações com o exemplo clássico do "Kupferschiefer", da Alemanha e Polônia, dão um reforço extraordinário a esta proposição, e a justificam integralmente.

Apresenta-se no anexo 10.1 um quadro comparativo entre as mineralizações na Chapada do Araripe, do "Kupferschiefer", e possíveis mineralizações na bacia Sergipe/Alagoas e Amazonas (16).

Uma representação esquemática das colunas litológicas do "Kupferschiefer", da Bacia Amazônica e da Bacia Sergipe/Alagoas é apresentada no anexo 10.2.

Além de todas as comparações e critérios anteriormente apresentados, ainda dispõe-se de dados adicionais que complementarão tais justificativas. Tratam-se dos resultados da análise espectrográfica semi-quantitativa de trinta e três amostras selecionadas, de testemunhos de um poço perfurado na área de Taquarí, em Sergipe. Todas as amostras são do Membro Ibura, das zonas de folhelhos, calcários e anidritas, das partes basal, média e superior dos evaporitos (vide anexo 10.3). A primeira vista, o elemento que apresenta maior teor é o estrôncio (Sr), porém sua concentração deve estar ligada a ocorrência de celestita e estroncionita, associadas as anidritas e calcários. Somente teriam alguma possibilidade econômica (14) caso ocorressem camadas ou concreções de celestita ou estroncionita, mais ou menos puras, com mais de 90% de SrSO_4 ou SrCO_3 , e com menos de 3% de impurezas (CaSO_4).

O cobre apresenta teores variando de 0,01 a 0,1% (100-1000 ppm), com média em torno de 0,05%.

O quadro apresentado a seguir mostra os valores médios das concentrações do "background" para Pb, Zn, Cu e Ag, em vários horizontes da região mineira de Sumsar (IRSS), segundo Kozerenko (7):

HORIZONTES	Pb(%)	Zn(%)	Cu(%)	Ag(%)
1. DOLOMITO	0,010	0,005	0,030	0,0007
2. DOLOMITO PRETO	0,025	0,021	0,010	0,0006
3. CALCÁRIO DOLOMÍTICO	0,008	0,010	0,008	0,0004
4. CALCÁRIO	0,004	0,008	0,005	0,0004
5. ARENITO POLIMÍTICO	0,0009	0,004	0,001	0,00008
MÉDIA	0,010	0,010	0,011	0,0004

Examinando-se o elemento cobre verifica-se que a concentração média (clarke), incluindo as camadas enriquecidas, (horizontes números 1, 2 e 3) é em torno de 0,01%, como também para o chumbo e zinco. Também pela tabela da composição química média da crosta terrestre, apresentada por Routhier (11), o cobre apresenta um clarke de 0,007%, aproximadamente 0,01%. Verifica-se assim que nas análises efetuadas, quase todas as amostras do referido poço apresentam-se com um teor de 5 a 10 vezes maior que o clarke acima apresentado, e que poderia ser adotado para a área em questão. Isto, segundo Asanaliyev (1) é característico de camadas enriquecidas, tanto lateral, como sobre as subjacentes a possíveis corpos mineralizados. Um teor econômico seria um clarke de concentração de 50-100, adotando-se um teor mínimo explorável em torno de 0,5%.

Levando-se em conta os seguintes fatores: a) a zo

nalidade dos depósitos minerais deste tipo, apresentada por diversos autores, e que seria, do centro para as bordas da bacia de sedimentação-pirita-esfalerita-galena-calcosita ou calcopirita; b) o controle estrutural apresentado anteriormente (item 2.1.9); c) a proximidade de corpos mineralizados próximos à sequências enriquecidas (1); e d) o fato do poço amostrado encontrar-se aproximadamente num dos centros da bacia salina, num paleo-baixo (posição desfavorável); verifica-se a grande possibilidade de encontrar - se mineralizações sulfetadas, nos folhelhos e calcários dolomíticos do Membro Ibura, principalmente nos flancos dos paleo-altos que limitaram e controlaram a deposição dos evaporitos.

Tendo em vista todas as justificativas acima apresentadas, a presente proposição é baseada, fundamentalmente nos seguintes serviços:

- a) estudo geoquímico, faciológico e paleogeográfico, das litologias estudadas;
- b) estudo do condicionamento das possíveis mineralizações através de geoquímica, principalmente;
- c) dependendo do estudo anterior, um programa de sondagem numa etapa complementar, para verificação da amplitude e teor das mineralizações, e novos estudos geoquímicos.

A comprovação do jazimento seria motivo para a continuação do projeto, evoluindo-se para a total definição do depósito a ser revelado.

4. ÁREA PARA PESQUISA

Apresentamos no anexo 10.4 a localização da Bacia Sedimentar de Sergipe/Alagoas, com as áreas sugeridas para pesquisa. Em Sergipe, as áreas indicadas estariam localizadas, onde o Membro Ibura ocorre em profundidade em torno de 300 a 600 metros. Em Alagoas, o Membro Ibura está bem mais raso, 200 metros até quase a superfície (somente coberto pela Formação Barreiras).

5. METODOLOGIA E SISTEMÁTICA DOS TRABALHOS

Com a finalidade de pesquisar mineralizações sulfetadas, segundo os controles de mineralização citados anteriormente, apresenta-se nesta proposição as etapas em que se desenvolveriam os trabalhos, com a metodologia orientada especificamente para o caso em apreço. A ocorrência da Formação Muribeca somente em subsuperfície e o volumoso número de dados já existentes sobre a área, tornam desnecessários trabalhos de campo, como por exemplo, o mapeamento geológico e geofísico. O grande número de poços perfurados na região permitem bons controles litológicos, estratigráficos, estruturais e paleogeográficos (entre outros).

Visando identificar teores e extensão das possíveis mineralizações, os trabalhos se desenvolveriam em duas etapas, preliminar e complementar, esta dependendo dos resultados daquela.

5.1 Etapa Preliminar

5.1.1 FASE I - Planejamento e estrutura de funcionamento

Nesta fase será definida a equipe de trabalho para as áreas sugeridas, planejando e estruturando seu funcionamento dentro da metodologia apresentada nesta proposição. Serão adquiridos material de escritório, bibliográfico e de campo.

5.1.2 FASE II - Compilação bibliográfica

Nesta fase será desenvolvida uma compilação bibliográfica orientada especificamente para os objetivos do projeto, ou seja, o reconhecimento de mineralizações sulfetadas no Membro Ibura da Formação Muribeca, segundo os critérios gerais para prospecção já amplamente discutidos tais como: litológicos, estratigráficos, estruturais, geotectônicos, paleoclimáticos, paleogeográficos, paleontológicos e, principalmente, geoquímicos. Deverá ser feita uma triagem dos trabalhos bibliográficos com o fito de obter-se maior objetividade. Nesta parte da compilação não deverão ser esquecidas a volumosa quantidade de dados e informações dos poços perfurados pela Petrobrás, que serão de fundamental importância para o andamento dos trabalhos. Todos os documentos possíveis deverão ser solicitados, tais como



perfis elétricos, radioativos e litológicos dos poços da região, tabelas da lito-bio-cronoestratigrafia, mapas de contorno estrutural, isópacas, geológicos e topográficos, além de relatórios técnicos específicos sobre a Formação Muribeca.

5.1.3 FASE III - Análise e tratamento dos dados

De posse de todos os dados disponíveis, serão realizados estudos de correlação entre poços, para identificação de zonas favoráveis, sua relação com os evaporitos, posição estratigráfica e estrutural, espessuras, etc. Mapas paleogeográficos deverão ser elaborados, assim como estudos paleoclimáticos. Uma análise sequencial da litologia poderá fornecer as curvas de previsão ou dos ciclos de sedimentação. Mapas geológicos já existentes auxiliarão na interpretação da cobertura sedimentar das possíveis áreas mineralizadas. Seções estruturais-estratigráficas darão uma melhor visualização das camadas de possível interesse econômico.

5.1.4 FASE IV - Fotointerpretação e cartografia

Este serviço não será desenvolvido sistematicamente, mas apenas como complementação, para aprimoramento dos mapas já existentes, confeccionados anteriormente às últimas coberturas aerofotogramétricas. Os mapas geológicos e topográficos da Petrobrás, escala 1:25.000, devidamente



adaptados e aprimorados pelos novos dados da fo
tointerpretação, servirão como bases cartográfi-
cas.

5.1.5 FASE V - Verificação de campo

5.1.5.1 Coleta de amostras

Nesta parte da fase de campo serão cole-
tadas amostras de testemunhos e calha
de poços perfurados na área, sistemati-
camente, e orientada para análises quími-
cas. Será necessário um deslocamento de
pessoal para os locais dos depósitos de
tais amostras.

5.1.5.2 Reconhecimento geológico

Nesta parte será feito um reconhecimen-
to geológico expedito, para um contato
mais íntimo com a bacia sedimentar e re-
conhecimento da coluna litológica, bem
como para se ter idéia da distribuição
estratigráfica e posição estrutural. Se-
dimentos das formações sobre e subjacen-
tes à Formação Muribeca deverão ser re-
conhecidos, já que esta não aflora no es-
tado de Sergipe, ocorrendo somente em
sub-superfície. Em Alagoas deverão ser
estudados afloramentos do Membro Carmó-
polis.

5.1.6 FASE VI - Serviços de Laboratório

É a parte fundamental da presente proposição, visto que as possíveis mineralizações es tão finamente disseminadas, e somente um estudo geoquímico de amostras de rocha, em profundidade, poderá nos dar idéia do teor e valor econômico.

Serão realizadas análises espectrográ ficas semi-quantitativas para 30 elementos, de amostras de testemunho e de calha de poços perfu rados na área. Análises quantitativas, por absor ção atômica, serão realizadas, com ênfase na tríade mineral Cu-Pb-Zn, e também ouro (Au). Aná lises petrográficas de lâminas delgadas e seções polidas serão feitas em amostras selecionadas.

5.1.7 FASE VII - Relatório Preliminar

Com o resultado dos estudos bibliogrâ ficos, análise dos dados, análises químicas, e interpretação global conjunta, será confecciona do um relatório desta Etapa Preliminar, visando selecionar áreas favoráveis para as mineraliza ções de sulfetos na Bacia Sedimentar Sergipe/Ala goas.

5.2 Etapa Complementar

Esta etapa fica condicionada aos resultados da Etapa Preliminar, sendo que suas especificações e metodologia serão fornecidas no Relatório Preliminar da primeira



CPRM

etapa. De antemão, pode-se adiantar que um relativo sucesso na Etapa Preliminar, quanto à seleção de áreas favoráveis para as mineralizações, levaria a um progrma específico de sondagens. De acordo com a profundidade média dos níveis de interesse das áreas escolhidas, será dimensionada a metragem necessária das sondagens (se a profundidade média for em torno de 600 metros ter-se-á uma metragem total em torno de 15.000 metros). Para evitar solução de continuidade entre as etapas, a apreciação do Relatório Preliminar deverá ser feita, por equipe conjunta DNPM-CPRM, com objetivo prático, visando fundamentalmente um sequenciamento dinâmico do Projeto a ser criado.

6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados serão apresentados nos seguintes relatórios:

6.1 Relatórios Mensais

6.2 Relatório Preliminar, final da primeira etapa, e com as especificações e metodologia para efetivação da Etapa Complementar. Este relatório constará de um texto, e dos seguintes anexos:

Mapa índice da região estudada;

Mapa geológico da área, onde em subsuperfície o correm os níveis mais favoráveis;

Mapas de contorno estrutural e isópacas das camadas de interesse;



Mapas de fácies-paleogeográfico;
Seções estruturais e estratigráficas;
Fichas de análises químicas e petrográficas;
Quadros de correlação com mineralizações seme
lhantes em outras regiões;
Esquema da sequência sedimentar com as curvas ou
diagramas de previsão (análise sequencial);
Perfis compostos dos poços estudados, somente na
zona de interesse e camadas adjacentes.

6.3 Relatório Final - com os resultados globais do projeto.
Caso não se concretize a realização da Etapa Complemen
tar, o Relatório Preliminar será o final do projeto.

7. PESSOAL, EQUIPAMENTOS E PRAZOS

O pessoal para o projeto constará de uma equipe com dois geólogos, com experiência mínima de 5 anos, e de preferência, com conhecimentos sobre a Bacia Sedimentar Ser
gipe/Alagoas. A um deles caberá a Chefia do projeto. A coor
denação será feita por um geólogo da Divisão de Geologia E
conômica, da Agência Salvador, um Geoquímico e um Petrógra
fo, com Supervisão do DEPEM/SUREMI. A equipe ainda contará com pessoal de apoio, constando de motorista, desenhista, auxiliar de escritório e auxiliar de campo. Este pessoal refere-se apenas a Etapa Preliminar. Para a realização da Etapa Complementar poderá ser mantida a mesma equipe, com a inclusão do pessoal de sondagem.



CPRM

O equipamento, além de um veículo tipo rural ou pick-up, será constituído de martelos, bussolas, lupas de bolso e estereoscópio de espelho, etc.

Estima-se um prazo de 360 dias, aproximadamente, para a realização da Etapa Preliminar (vide Cronograma Mensal das Atividades, anexo 10.5).

8. ESTIMATIVA ORÇAMENTÁRIA

A estimativa orçamentária foi calculada com bases em projeções inflacionárias, em torno de 40%, incidentes sobre salários, equipamentos, materiais e serviços:

DESPESA DE PESSOAL



(SALÁRIOS + ENCARGOS + DIÁRIAS)

P E S S O A L	E T A P A P R E L I M I N A R		
	SALÁRIOS + DIÁRIAS	ENCARGOS SOCIAIS	SUB - TOTAL
1 Coordenador G. Econômica	36.113,00	20.922,00	57.035,00
1 Coordenador Geoquímica	22.168,00	12.842,00	35.010,00
1 Coordenador Petrografia	29.709,00	17.211,00	46.920,00
1 Geólogo Chefe	147.751,00	93.669,00	241.420,00
1 Geólogo	109.438,00	63.398,00	172.836,00
1 Desenhista	30.946,00	21.662,00	52.608,00
1 Motorista	19.118,00	10.443,00	29.561,00
1 Auxiliar de Escritório	19.958,00	13.971,00	33.929,00
1 Auxiliar de Campo	6.127,00	4.286,00	10.413,00
T O T A L	<u>421.328,00</u>	<u>258.404,00</u>	<u>679.732,00</u>

M A T E R I A I S

DISCRIMINAÇÃO	VALOR Cr\$
Sacos plásticos e de pano, vidros para amostra, etc...	15.000,00
Fotografias aéreas - 2 coleções	
Área de Sergipe - 500 fotos	7.500,00
Área de Alagoas - 500 fotos	7.500,00
Bases Cartográficas - 2 coleções	1.000,00
Escritório e Desenho	20.000,00
Combustíveis e Lubrificantes	15.000,00
1 Veículo rural ou Pick-up (Valor 40.000,00)	
Depreciação 2,77% ao mês - 12 meses	13.300,00
Bússolas, Martelos, Lupas	2.000,00
Documentos Diversos	10.000,00
T O T A L	<u>91.300,00</u>

S E R V I Ç O S

DISCRIMINAÇÃO	VALOR Cr\$
Transporte de Pessoal	20.000,00
Manutenção de Veículos	5.000,00
Gráfica	50.000,00
T O T A L	<u>75.000,00</u>

DESPESAS APROPRIADAS



D I S C R I M I N A Ç Ã O	VALOR Cr\$
Apoio do pessoal do Escritório-Rio	60.000,00
Despesas de Laboratório:	
500 Análises espectrográficas semi-quantitativas para 30 elementos a Cr\$ 210,00 por amostra:	105.000,00
200 Análises químicas por absorção atômica para Au, Cu, Pb e Zn, a Cr\$ 80,00 por amostra:	16.000,00
50 Análises petrográficas de lâminas delgadas, a Cr\$ 420,00 por amostra	21.000,00
20 Análises petrográficas de seções polidas, a Cr\$ 490,00 por amostra:	9.800,00
10 Análises químicas quantitativas completas, a Cr\$ 500,00 por amostra	5.000,00
Análises Diversas	5.000,00
T O T A L	<u>221.800,00</u>

E N C A R G O S

D I S C R I M I N A Ç Ã O	VALOR Cr\$
Aluguel de Imóveis + Taxas	12.000,00
T O T A L	<u>12.000,00</u>

D I S C R I M I N A Ç Ã O	ETAPA PRELIMINAR Cr\$
Salários	369.150,00
Encargos Sociais	258.404,00
Diárias	52.178,00
Material	91.300,00
Serviços	75.000,00
Despesas Apropriadas	221.800,00
Encargos	12.000,00
Eventual (5%)	53.997,00
Custo Direto	1.133.829,00
Cota Parte (25%)	283.457,00
Taxa Administração (20%)	283.457,00
Despesa Total	1.700.743,00

OBS.: Sobre Salários Encargos Sociais, Diárias e Despesas Apropriadas foram calculados os valores adotando um Reajuste Salarial de 40% (1975).

9. BIBLIOGRAFIA

1. ASANALIYEV, U - "Prospecting Criteria For Stratiform Lead-Zinc Mineralization In Sedimentary Formations (As In Central Tien Shan)" Intern. Geol. Review, V. 15, 12:1432-1439, 1973.
- ✓ 2. BRAUN, P.G. - Estratigrafia dos Sedimentos da Parte Interior da Região Nordeste do Brasil (Bacias de Tucano-Jatobá-Mirandiba e Araripe). Rio de Janeiro, DNPM-DGM-Bol. nº 236, 79f, 1966
3. BRONGERSMA-SANDERS, M - "On The Geographical Association Of Strata Bound Ore Deposits With Evaporites" Mineral Deposita, V. 3:286-291; 1968.
4. CARVALHO, Y. BARRETTO - Metais Ferrosos e Não Ferrosos no Brasil - Situação Atual e Perspectivas. Rio de Janeiro, CPRM, 82f., 1975.
- ✓ 5. FARINÁ, M. - Sequência Plumbífera do Araripe. Mineralização Singenética Sulfetada no Cretáceo Sedimentar Brasileiro. Recife, CPRM, 37f., 1974
- ✓ 7. GORZHEVSKIY, D.I. e KOZERENKO, V. N - "Origin Of Stratiform Lead-Zinc Deposits". Intern. Geol. Review, V. 14, nº 5:512-522, 1972.
8. KRUMBEIN, W. C. e GARRELS, R. M. - "Origin And Classification Of Chemical Sediments In Terms Of pH And Oxidation-Reduction Potentials". J. Geology, V. 60:1-33, January, 1952.



CPRM

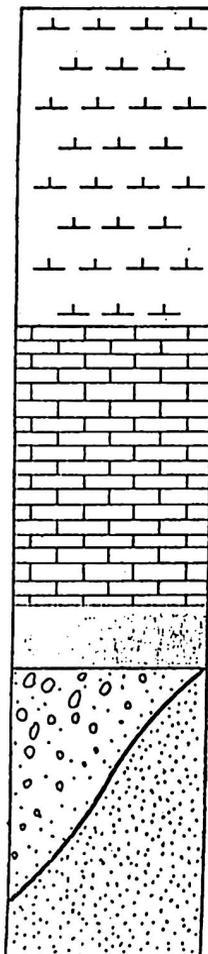
- ✓ 9. NICOLINI, P. - "Gîtologie Des Concentrations Minerales Stratiformes" - Paris, Gauthier Villar Edt. 792 f., 1970.
- ✓ 10. RENFRO, A. R. - "Genesis Of Evaporite - Associated Stratiform Metalliferous Deposits - A Sabkha Process". Econom. Geology, V. 69, nº 1:33-45, 1974.
- ✓ 11. ROUTHIER, P. - "Les Gisements Metalliferes Geologie Et Principes De Recherche". Paris, Et Cie. Colt, Thome I et II, 1282 f., 1963.
12. VARIOS AUTORES - "Genesis Of Stratiform Lead-Zinc-Barite-Fluorite Deposits (Mississippi Valley Type Deposits). A Symposium. J. S. Brouwn, Edt. Econ. Geology - monograph 3, 1967.
13. VARIOS AUTORES - "Ores In Sediments" Edited by G. C. Amstutz and A. J. Bernard, Intern. Union of Geol. Sciences, Séries A., nº 3, 1973.
14. VARIOS AUTORES - "Mineral Facts And Problems" By Staff, Bureau Of Mines, U.S. Dep. Interior, Edition, 1970.
15. VEIGA, P. e LEAL, R. - Proposição para pesquisa de mineralizações sulfetadas na Formação Muribeca (Bacia Sergipe/Alagoas). Rel. interno CPRM-AGSA - 1975.
- ✓ 16. ZENKER, A. O. - Possibilidades de sulfetos na Bacia Amazônica. Belém, CPRM, 1974.

Q U A D R O C O M P A R A T I V O

	Mineralizações Sulfetadas do Araripe <i>(CODO?)</i>	Depósito de Kupferschiefer	Membro Carmópolis e rochas basais do membro Itura.	Bacia Amariônica
Natureza da rocha	Sedimentar	Sedimentar	Sedimentar	Sedimentar
Idade	Cretáceo	Permiano	Cretáceo	Devoniano/Carbonífero / Perm.
Natureza das rochas nos pedreiros de mineração.	Calcários betuminosos foliados, margas betuminosas foliadas e conglomerado calcário betuminoso.	Margas betuminosas foliadas e argilitos	Folhelhos betuminosos	Folhelho.
Litologia sobrejacente ao horiz. mineralizado.	Arenitos, calcários (dominantes), folhelhos, margas e evaporitos (gipsita).	Calcários e evaporitos (halita e sais de K)	Calcário, folhelho e evaporitos (enidrita, halita e sais de K e Mg).	Calcários e evaporitos (halitas).
Litologia subjacente ao horizonte mineralizado	Arenitos	Conglomerados e Arenitos	Siltitos, folhelhos, arenitos e conglomerados.	Arenitos e Conglomerados
Ambiente de sedimentação da camada mineralizada.	Marinho costeiro	Marinho de plataf.	Marinho costeiro	?
Paleoclimatologia	Clima quente	Clima quente	Clima quente	Clima quente
Litofácies	Sequência Positiva oscilante	Sequência Positiva	Sequência Positiva	Sequência Positiva
Evaporitos	Presente na sequência superior ao nível mineralizado	Presente na sequência superior ao nível mineralizado	Presente na sequência superior ao nível possivelmente mineralizado.	Presente na sequência superior ao nível possivelmente mineralizado.
Genese	Depósito estratiforme sedimentar sin-genético	Depósito estratiforme sedimentar sin-genético e epigenético.	Depósito estratiforme sedimentar sin-genético e/ou Epigenético (?).	?

REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA COMPARATIVA DAS COLUNAS LITOLÓGICAS

KUPFERSCHIEFER DE MANSFELD



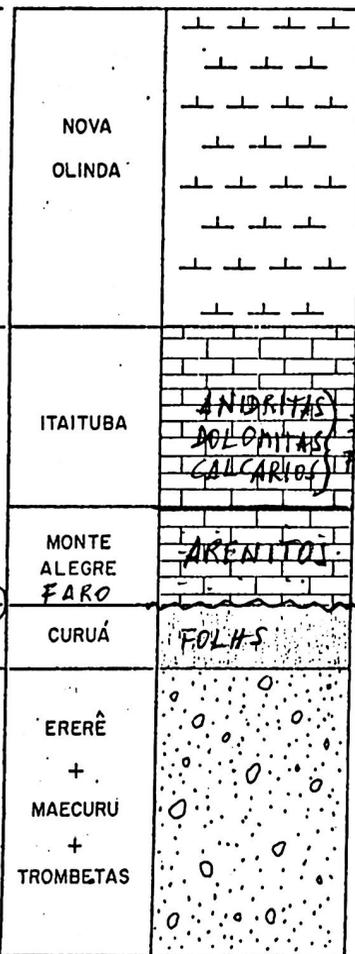
EVAPORITOS

CALCÁRIOS
E
DOLOMITOS

FOLHELHO
CUPRÍFERO

"RED-BEDS"
ARENITOS
CONGLOMERADOS
ETC.

BACIA AMAZÔNICA



NOVA
OLINDA

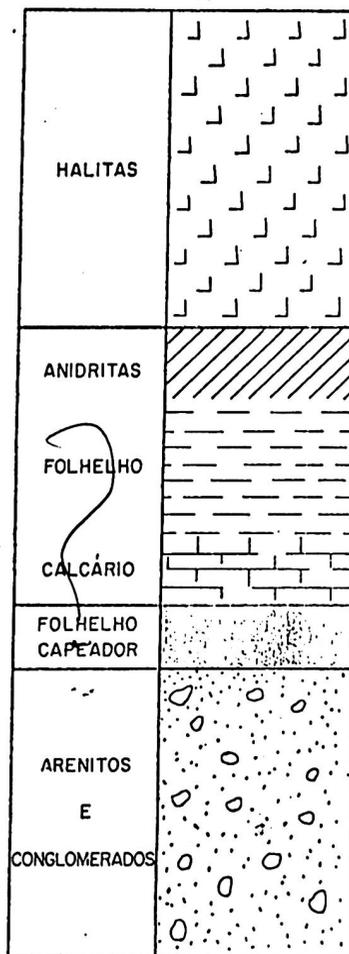
ITAITUBA
*ANIDRITAS
DOLOMITOS
CALCÁRIOS* INTERC.
FOLHS.

MONTE
ALEGRE
FARO
ARENITOS

CURUÁ
FOLHS

ERERÊ
+
MAECURU
+
TROMBETAS

BACIA SERGIPE



HALITAS

ANIDRITAS

FOLHELHO

CALCÁRIO

FOLHELHO
CAPEADOR

ARENITOS
E
CONGLOMERADOS

MEMBRO IBURA

MEMBRO CARMÓPOLIS

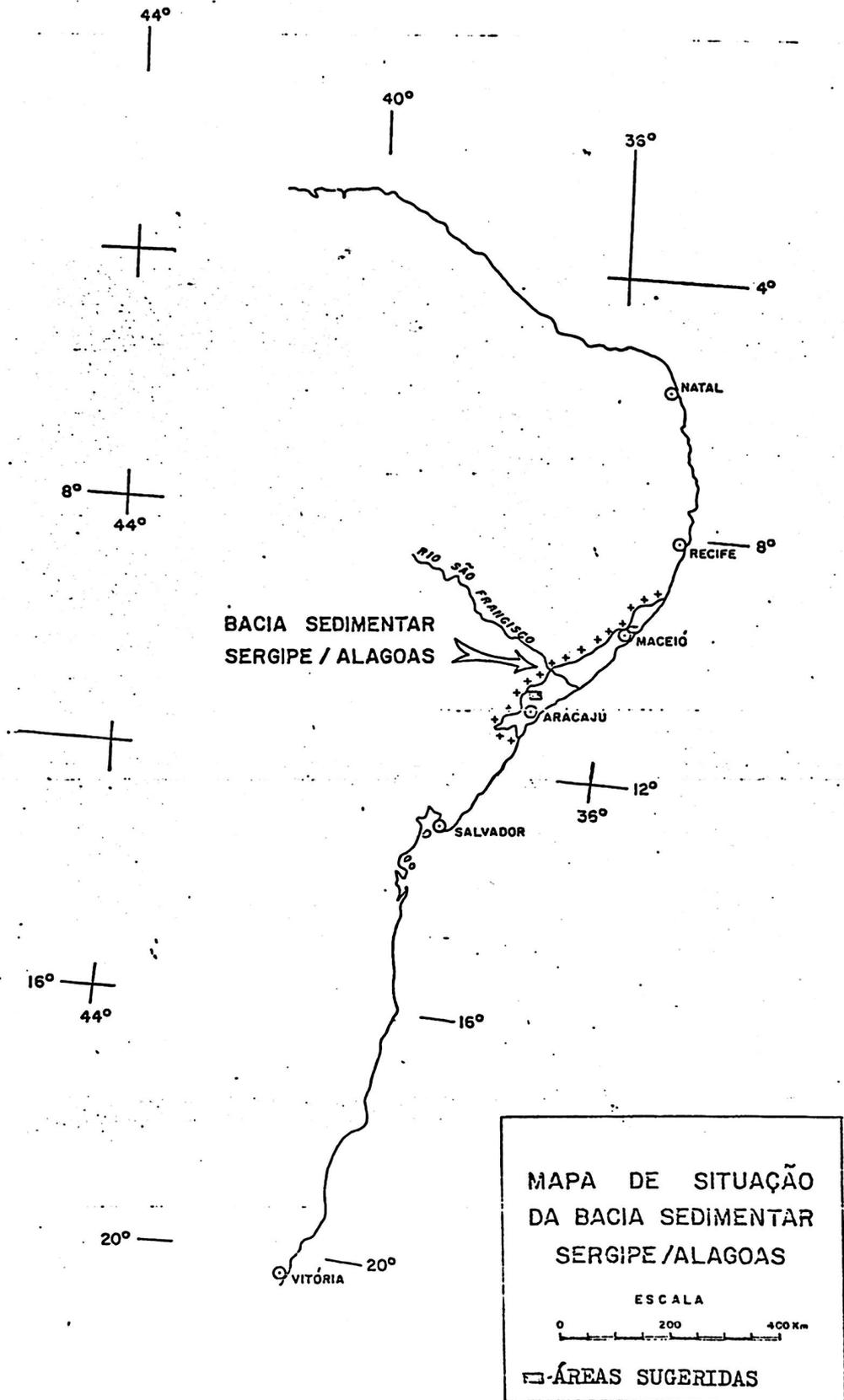
ANÁLISE ESPECTROGRÁFICA SEMI-QUANTITATIVA
 AMOSTRAS DE TESTEMUNHOS DE UM POÇO PERFUADO
 NA BACIA SERGIPE/ALAGOAS.

Amostra	Ag	B	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Sr	V
71	-0,0001	0,001	-0,001	0,01	0,05	0,5	0,01	0,01	+5,0	0,1
72	-0,0001	0,005	-0,001	0,05	0,05	0,5	0,05	0,01	+5,0	0,1
73	-0,0001	0,001	-0,001	0,05	0,05	1,0	0,01	0,01	+5,0	0,05
74	-0,0001	1,00	0,001	0,5	0,1	1,0	0,1	0,1	0,5	0,1
75	-0,0001	0,001	-0,001	-0,01	0,05	1,0	0,005	0,005	+5,0	0,1
76	-0,0001	0,01	-0,001	-0,01	0,1	0,5	0,01	0,01	1,0	0,1
77	0,0001	0,005	-0,001	0,05	0,1	1,0	0,01	0,05	+5,0	0,1
78	0,0001	0,005	-0,001	0,05	0,1	1,0	0,05	0,01	+5,0	0,1
79	0,0001	0,001	-0,001	0,05	0,1	1,0	0,05	0,01	+5,0	0,1
80	-0,0001	0,001	-0,001	-0,01	0,05	0,5	0,01	-0,01	5,0	0,05
83	-0,0001	0,001	-0,001	-0,01	0,01	0,1	0,05	-0,01	1,0	0,01
111	-0,0001	1,0	0,001	0,5	0,1	+1,0	0,01	0,05	1,0	0,1
112	-0,0001	0,1	0,001	0,5	0,1	+1,0	0,01	0,05	5,0	0,1
113	-0,0001	0,01	-0,001	-0,01	0,01	0,5	0,05	-0,01	0,01	0,05
114	-0,0001	0,5	-0,001	-0,01	0,01	0,5	0,05	-0,01	0,01	0,1
115	-0,0001	0,5	-0,001	-0,01	0,05	0,5	0,05	-0,01	0,5	0,05
116	-0,0001	0,005	-0,001	-0,01	0,05	0,5	0,01	-0,01	0,01	0,1
124	-0,0001	0,005	-0,001	-0,01	0,05	0,5	0,05	-0,01	0,5	0,1
125	-0,0001	1,0	-0,001	0,05	0,05	0,5	0,05	-0,01	0,5	0,05
144	0,0001	1,0	-0,001	0,05	0,05	0,5	0,01	-0,01	1,0	0,05
156	0,0001	0,005	-0,001	-0,01	0,05	0,5	0,01	-0,01	1,0	0,05
157	-0,0001	1,0	-0,001	0,5	0,1	1,0	0,1	0,05	0,5	0,1
158	-0,0001	0,005	-0,001	0,05	0,05	0,5	0,01	-0,01	1,0	0,05
159	-0,0001	1,0	-0,001	0,1	0,1	1,0	0,1	0,01	1,0	0,05
160	-0,0001	0,005	-0,001	-0,01	0,05	0,5	0,01	-0,01	1,0	0,05
161	-0,0001	1,0	0,001	1,0	0,1	1,0	0,1	0,1	0,01	0,1
162	-0,0001	1,0	0,01	1,0	0,1	1,0	0,1	0,1	0,01	0,1
163	-0,0001	1,0	-0,001	0,5	0,1	1,0	0,1	0,05	1,0	0,1
164	-0,0001	1,0	0,001	1,0	0,1	0,5	0,1	0,1	0,01	0,1
165	-0,0001	1,0	-0,001	0,5	0,05	0,5	0,05	0,05	0,01	0,1
166	-0,0001	0,001	-0,001	-0,01	0,05	0,5	0,01	-0,01	1,0	0,05
167	-0,0001	0,1	-0,001	0,1	0,1	1,0	0,1	0,01	1,0	0,1
174	0,0005	0,01	-0,001	0,1	0,1	+1,0	0,1	0,01	2,0	0,1

Observações: 1) O sinal negativo (-), à frente do resultado, indica que o elemento não foi detectado e que o valor tabulado é o limite de detecção.

O sinal positivo (+) indica teor "superior a".

2) Os dados acima representam os valores em ppm dos quais se situa a concentração de elemento na amostra.



CRONOGRAMA MENSAL DAS ATIVIDADES

PROPOSIÇÃO PARA PROJETO — MINERALIZAÇÕES SULFETADAS NA BACIA SEDIMENTAR

SERGIPE — ALAGOAS

ETAPA	FASES	ESPECIFICAÇÕES	MÊSES													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
P R E L I M I N A R	I	PLANEJAMENTO E ESTRUTURA DE FUN CIONAMENTO	■													
	II	COLETA BIBLIOGRÁFICA		■	■	■	■	■	■							
	III	ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS			■	■	■	■	■	■						
	IV	FOTO-INTERPRETAÇÃO E CARTOGRAFIA			■	■	■	■	■							
	V	VERIFICAÇÃO DE CAMPO E COLETA DE AMOSTRA			■	■	■	■	■							
	VI	SERVIÇO DE LABORATÓRIO			■	■	■	■	■	■						
	VII	RELATÓRIO PRELIMINAR									■	■	■	■	■	■