


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

PROJETO SANTANA
RELATÓRIO FINAL DA ETAPA I
VOLUME I

PHL
012601
2007

 CPRM	SUREMI SEDOTE
I-96	
ARQUIVO TÉCNICO	
Relatório n.º	581-5
N.º de Volumes:	8 v.: 1
OSTENSIVO	

João Francisco Silveira de Moraes ✓

José da Silva Amaral Santos ✓

João de Castro Mascarenhas ✓



COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO RECIFE

1976

PROJETO SANTANA

Chefe do Projeto: João Francisco Silveira de Moraes ✓

Equipe Executora: José da Silva Amaral Santos ✓

João de Castro Mascarenhas ✓

Colaboração Especial: Mário Farina

Alfeu Levy da S. Caldasso ✓

Carlos Alberto C. Lins ✓

Rui Barcelar de Oliveira ✓

Vandira Nazarena B. de Lima ✓

PROJETO SANTANA

RELATÓRIO FINAL DA ETAPA I

ÍNDICE DOS VOLUMES

- VOLUME I - Texto e Anexos (Mapa Geológico da Bacia Sedimentar do Araripe, escala 1:500.000, e Perfis de Correlação Estratigráfica). *4 perfis - 2 AA' e 2 BB'*
- VOLUME II - Anexos (Mapas Geológicos e de Pontos de Afloramentos, na escala 1:25.000, pertencentes as quadriculas SB.24-Y-D-III e SB.24-Y-D-VI).
- VOLUME III - Anexos (Mapas Geológicos e de Pontos de Afloramentos, na escala 1:25.000, pertencentes as quadriculas SB.24-Y-D-I e SB.24-Y-D-II).
- VOLUME IV - Anexos (Mapas Geológicos e de Pontos de Afloramentos, na escala 1:25.000, pertencentes as quadriculas SB.24-Y-D-IV e SB.24-Y-D-V).
- VOLUME V - Anexos (Mapas Geológicos e de Pontos de Afloramentos, na escala 1:25.000, pertencentes as quadriculas SB.24-Y-C-III e SB.24-Y-C-VI).
- VOLUME VI - Anexos (Fichas de Cadastro de Ocorrência Mineral e Fichas de Descrição de Afloramentos).
- VOLUME VII - Anexos (Resultados Analíticos).
- VOLUME VIII - Anexos (Processamento de Dados Geoquímicos: 1 - Arquivo Geral do Projeto; 2 - Contagens das Matrizes PRESTA do Arquivo Geral do Projeto; 3 - Sumário dos Estimadores das Amostras de Sedimento de Corrente).



APRESENTAÇÃO

Este relatório apresenta os resultados do mapeamento geológico a nível de facies, na escala de 1:25.000, da área de ocorrência da Formação Santana e suas zonas de contato, objetivando a prospecção de sulfetos metálicos nessa ambiência geológica. Nove ocorrências de galena e esfalerita, pertencentes a uma mesma sequência litoestratigráfica, são descritas no texto.

A área mapeada em detalhe, com cerca de 1.730 quilômetros quadrados, está no domínio da bacia sedimentar do Araripe e abrange partes dos Estados do Ceará, Pernambuco e Piauí.

Paralelamente ao mapeamento foram coletadas amostras de rocha e executada a amostragem geoquímica de sedimento de corrente, com caráter orientativo, ao longo de cinco drenagens. O tratamento estatístico, com auxílio de computação eletrônica, e ulterior interpretação dos resultados analíticos de 393 amostras de rocha e de 200 amostras de sedimento de corrente forneceram valiosas informações sobre o comportamento e distribuição geoquímica do chumbo, zinco e cobre, e muitos outros elementos, nas diversas facies litológicas investigadas. As análises por via úmida propiciaram a caracterização química dos extensos depósitos de gipsita e calcário que ocorrem na área. As análises bioestratigráficas trouxeram subsídios esclarecedores sobre a idade dos sedimentos.

Com base nos dados coligidos foi selecionada uma área com cerca de 2.460 quilômetros quadrados quase totalmente dentro do Estado do Ceará, para investigar a extensão em profundidade da zona mineralizada em sulfeto. A metodologia para



a abordagem dessa área é sugerida no capítulo 9 , e sua execução é proposta para a Etapa II do Projeto.

Este trabalho é composto de oito volumes sendo o volume I relativo ao texto e contendo também como anexos o mapa geológico da Bacia Sedimentar do Araripe na escala 1:500.000 e quatro perfis de correlação estratigráfica. Todos os demais volumes são de anexos: Os volumes II, III, IV e V contêm 45 mapas geológicos na escala 1:25.000 e os respectivos mapas de pontos de afloramentos. O volume VI é pertinente as fichas de cadastro de ocorrência mineral e as fichas de descrição de afloramentos. No volume VII constam os resultados analíticos de laboratório e o volume VIII é referente ao processamento dos dados geoquímicos.

S U M Á R I O

SINOPSE.....	1
1 - INTRODUÇÃO.....	2
1.1 - Histórico.....	2
1.2 - Objetivo.....	4
1.3 - Localização e Acesso.....	5
1.4 - Aspectos Sócio-Econômicos da Área.....	5
1.5 - Metodologia.....	8
1.6 - Dados Físicos de Produção.....	12
1.7 - Trabalhos Anteriores.....	14
2 - ASPECTOS GEOGRÁFICOS.....	17
3 - ESTRATIGRAFIA.....	21
3.1 - Comentários Gerais.....	21
3.2 - Embasamento Cristalino.....	25
3.3 - Formação Cariri.....	26
3.4 - Formação Missão Velha.....	29
3.4.1 - Unidade Inferior.....	29
3.4.2 - Facies Arenosa.....	31
3.5 - Formação Santana.....	41
3.5.1 - Facies Carbonatada.....	41
3.5.2 - Facies Argilo-síltica e Evaporítica...	44
3.6 - Formação Exu.....	49
3.7 - Depósitos Cenozóicos.....	50
4 - FEIÇÕES ESTRUTURAIS.....	53
5 - EVOLUÇÃO HISTÓRICA.....	56
5.1 - Paleogeografia, Paleoambiente e Idade.....	56
5.2 - Ciclos de Sedimentação.....	65

6 - GEOLOGIA ECONÔMICA	74
6.1 - Introdução	74
6.2 - Ocorrências de Sulfetos Metálicos	76
6.2.1 - Encruzilhada	80
6.2.2 - Salobro	82
6.2.3 - São Felipe	84
6.2.4 - Carrancudo	85
6.2.5 - Gameleira	87
6.2.6 - Correntinho	90
6.2.7 - Fundão	91
6.2.8 - Bois	93
6.2.9 - Taboca	94
6.2.10- Condicionamentos das Mineralizações Sul- fetadas	97
6.2.11- Aspectos Genéticos	99
6.3 - Argilas	102
6.4 - Celestita	105
6.5 - Barita	109
6.6 - Gipsita	109
6.7 - Calcário	121
7 - GEOQUÍMICA	126
7.1 - Introdução	126
7.2 - Descrição da Área	127
7.3 - Técnica de Amostragem	129
7.3.1 - Conceitos Gerais	129
7.3.2 - Sedimento de Corrente	130
7.3.3 - Rochas	134
7.4 - Preparação das Amostras e Técnica Analítica....	141
7.5 - Resultados Obtidos - Geoquímica de Sedimento de Corrente	145

7.5.1 - Generalidades	145
7.5.2 - Processamento de Dados	147
7.5.3 - Interpretação dos Resultados	161
7.5.3.1 - Fundão	165
7.5.3.2 - Correntinho	167
7.5.3.3 - Gameleira	167
7.5.3.4 - Carrancudo	167
7.5.3.5 - Pé da Serra	171
7.5.3.6 - Distribuição de Outros Elementos nos Perfis	171
7.5.4 - Considerações Finais - Geoquímica de Sedimento de Corrente	182
7.6 - Resultados Obtidos - Geoquímica de Rocha	185
7.6.1 - Generalidades	185
7.6.2 - Processamento de Dados	187
7.6.3 - Descrição e Análise dos Subarquivos	189
7.6.4 - Considerações Finais-Geoquímica de Rocha..	235
8 - CONCLUSÕES	241
9 - RECOMENDAÇÕES	247
10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	253
11 - DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA	262
12 - ANEXOS	

S I N O P S E

Mapeamento geológico na escala de 1:25.000 de uma área de 1.730 km², incluindo a parte superior da Formação Missão Velha, e toda a área de ocorrência das Formações Santana e Exu, de acordo com a estratigrafia proposta por Beurlen (1971 b). O trabalho envolve 45 folhas naquela escala. Confeção de 45 mapas de pontos de afloramentos na escala de 1:25.000 e do mapa geológico integrado de toda área mapeada, na escala de 1:500.000. Aspectos sócio-econômicos, fisiográficos e geomorfológicos. Definição da Formação Missão Velha dividida em unidade inferior e facies arenosa, da Formação Santana e suas facies carbonatada, argilo-síltica e evaporítica; definição da Formação Exu. Estabelecimento da idade e ambiente deposicional das unidades acima referidas. Considerações sobre a paleogeografia e ciclos de sedimentação. Estudo de nove ocorrências de galena e esfalerita, caracterização dos seus condicionamentos e aspectos genéticos. Cadastro de ocorrências de argilas, celestita, barita e gipsita. Delimitação e descrição de extensos depósitos de calcário. Serviço de orientação geoquímica de sedimento ativo de corrente e geoquímica de rocha. Processamento em computador de todos os dados geoquímicos. Recomendação de uma área para pesquisa em profundidade de sulfetos metálicos durante a Etapa II do Projeto Santana. Sugestão de um projeto específico para estudo integrado das ocorrências de celestita.

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Histórico

Trabalhos anteriores de mapeamento geológico e de sondagem a diamante realizados na bacia sedimentar do Araripe revelaram anomalias de cobre, chumbo e zinco em rochas da Formação Santana. Posteriormente foram estudadas seis ocorrências daqueles sulfetos metálicos na referida formação, evidenciando as possibilidades de concentrações econômicas de mineralizações singenéticas.

Calcado nesses trabalhos pré-existentes, foi elaborado pelo DNPM o Anteprojeto Santana, o qual foi encaminhado a CPRM que procedeu a programação e detalhamento, submetendo-a, em seguida, a aprovação do DNPM. Este órgão emitiu a solicitação de serviço nº 103/74 e em primeiro de fevereiro de 1975 teve início a fase operacional do Projeto com a participação de dois geólogos.

O programa que rege o Projeto está dividido em duas etapas distintas, com duração total prevista de 720 dias (2 anos). A Etapa I, com prazo estimado em 380 dias, foi desdobrada em duas fases. A primeira fase, concluída em junho de 1975, está consubstanciada no Relatório Preliminar, versando sobre o levantamento bibliográfico e fotointerpretação. A segunda fase, objeto deste relatório, consistiu de mapeamento geológico a nível de facies, na escala de 1:25.000, de toda a área de ocorrência da Formação Santana, incluindo também, paralelamente ao mapeamento, o serviço de orientação geoquímica com coleta de sedimento de corrente e amostragem de rochas. Conforme disposto no Anteprojeto, o DNPM condiciona a realização da Etapa

pa II aos resultados alcançados na antecedente. Por conseguinte, este relatório apresenta a sistemática de execução da segunda etapa do projeto, com duração prevista de 340 dias.

Verificando-se que a área a ser mapeada era superior a aquela prevista no Programa Oficial e que as dificuldades inerentes aos locais de trabalho retardavam sobremaneira o desenvolvimento das tarefas de campo, foi solicitado ao DNPM a ampliação da equipe do projeto a fim de cumprir os prazos preestabelecidos. Esta reprogramação, aprovada pelo DNPM em setembro de 1975, constou da inclusão de um geólogo e um técnico de mineração.

Assim, a partir de outubro de 1975 os trabalhos de campo passaram a ser executados por três equipes, cada uma composta por um geólogo e um motorista.

Este relatório foi elaborado pelos técnicos integrantes do projeto, com exceção do capítulo inerente a geoquímica, o qual foi redigido pelo geólogo Carlos Alberto C. Lins, da Seção de Geoquímica da Superintendência Regional do Recife.

O Projeto foi coordenado pelo geólogo Alfeu Levy da S. Caldaso da SUREG-RE, que também foi responsável pela revisão deste trabalho. O geólogo Mário Farina, titular da COREMI desta SUREG, fez várias sugestões para execução dos trabalhos de campo e para elaboração deste relatório. O geólogo Roberto F. Daemon e a naturalista Maria Eugênia de Carvalho M. Santos, ambos do DEPEM/DIPROE prestaram colaboração ao projeto; o primeiro, auxiliou na interpretação da estratigrafia e a segunda com esclarecimentos sobre a definição da idade e ambiente de sedimentação.

Os trabalhos de laboratório referentes aos diversos métodos analíticos foram realizados no LAMIN, Laboratório de

Análises Mineraias da CPRM. As análises por espectrofotometria de absorção atômica e eletrodo de íon específico estiveram a cargo dos seguintes técnicos: Cecile S. Mayer, Celia M.T. Aride, Gerda P.M. Gouveia, Ivonete P. Arraes, Miriam M.V. Ferreira e Sergio C.S. Benevides. As análises espectrográficas semi-quantitativas para 30 elementos foram efetuadas por Glória B. C.T.B. da Silva, Maria Lucia M. Lemos, Elisabeth de B.B. Winter Pecego, Hugo A. Spinelli e Lauro O. Silva Junior. As análises químicas quantitativas, sob a responsabilidade de Maria L. M. Lastres e Maria Aparecida Lisboa. As análises bioestratigráficas, por Norma Maria M. da Costa e Jane Maria C. Palma. As seções polidas foram estudadas por Wania Greiffo e Pedro G. Ferrari; lâminas delgadas por Maria Flórida B. Rodrigues. Seis lâminas delgadas foram estudadas pelo petrógrafo Ney H. Porfírio da SUREG-RE.

1.2 - Objetivo

A finalidade do projeto é prospectar as mineralizações de sulfetos, principalmente de chumbo, cobre e zinco, ao longo de toda a Formação Santana. Estas mineralizações foram encontradas em nove localidades distintas, mas em idênticas as associações litológicas, na parte superior da Formação Missão Velha.

A metodologia aplicada para atingir o objetivo propiciará ao término do projeto um conhecimento global das unidades mapeadas, sob todos aspectos, especialmente no que tange aos seus recursos mineraias.

1.3 - Localização e Acesso

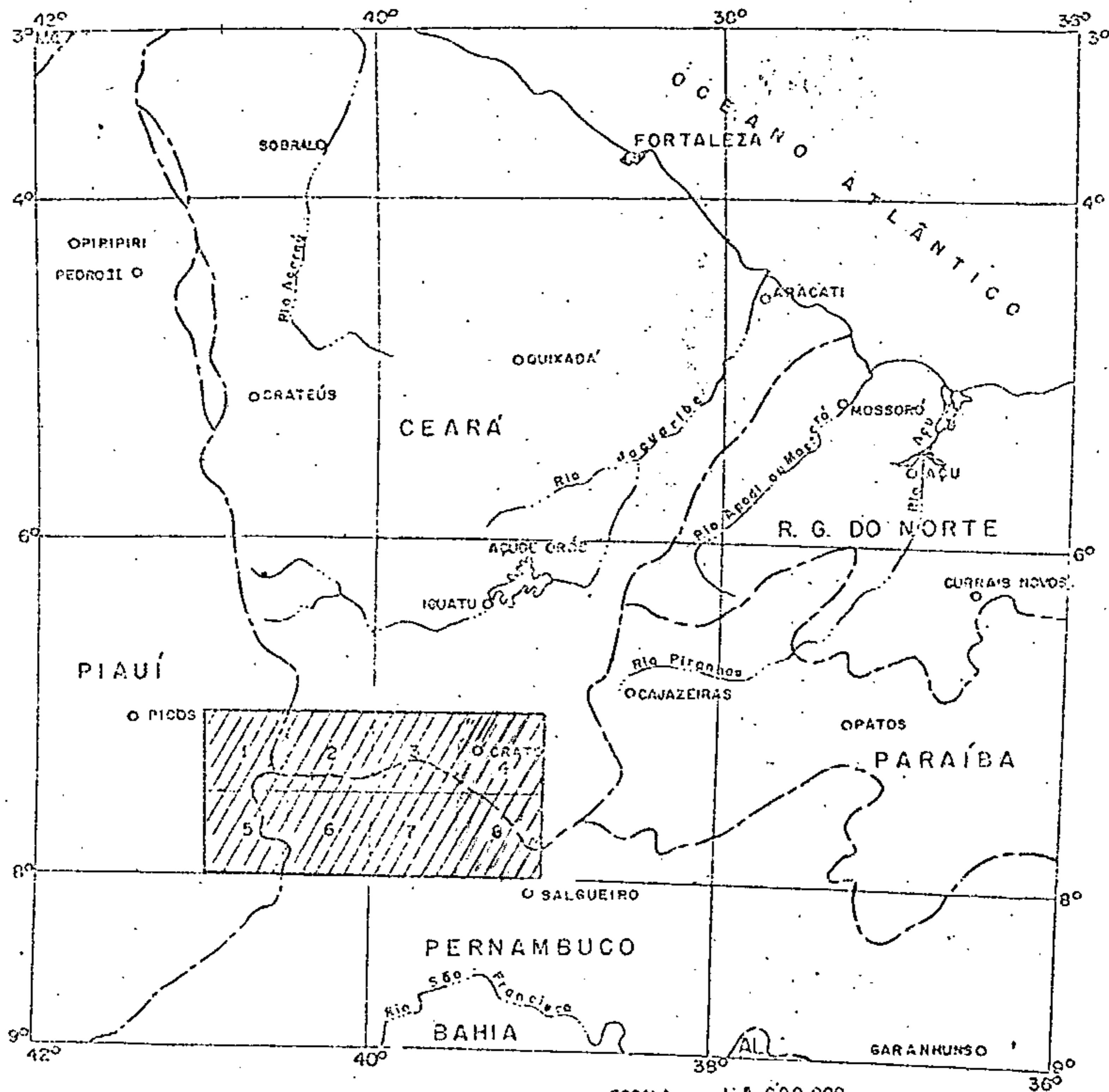
A área de atuação do projeto situa-se na bacia sedimentar do Araripe, a qual ocupa parte dos Estados de Pernambuco, Ceará e Piauí. A área total mede aproximadamente 24.000km², sendo delimitada pelos paralelos de 7° e 8° de latitude sul e meridianos de 39° e 41° de longitude oeste (figura 1). Mas a área efetivamente mapeada tem cerca de 1.730 km², correspondendo a superfície de distribuição da Formação Santana e suas zonas de contato, de acordo com o programa preconizado.

A rodovia asfaltada BR-232 e BR-316 que liga Recife a Teresina, cruza toda área do Projeto no seu setor sul, ou seja, dentro do Estado de Pernambuco. As cidades de Ouricuri e Araripina, situadas dentro da área e na margem daquela rodovia, distam 667 km e 725 km do Recife, respectivamente. O lado norte da área, no Estado do Ceará, tem acesso a partir de Recife pela BR-232 até a cidade de Salgueiro; daí percorre-se um trecho da BR-116 (Salgueiro-Fortaleza) e toma-se a CE-96 até a cidade de Barbalha, por um percurso total de 590 km, também todo asfaltado. O acesso do lado do Piauí é feito pela BR-316 e por estradas secundárias que conduzem às cidades de Simões e Fronteiras.

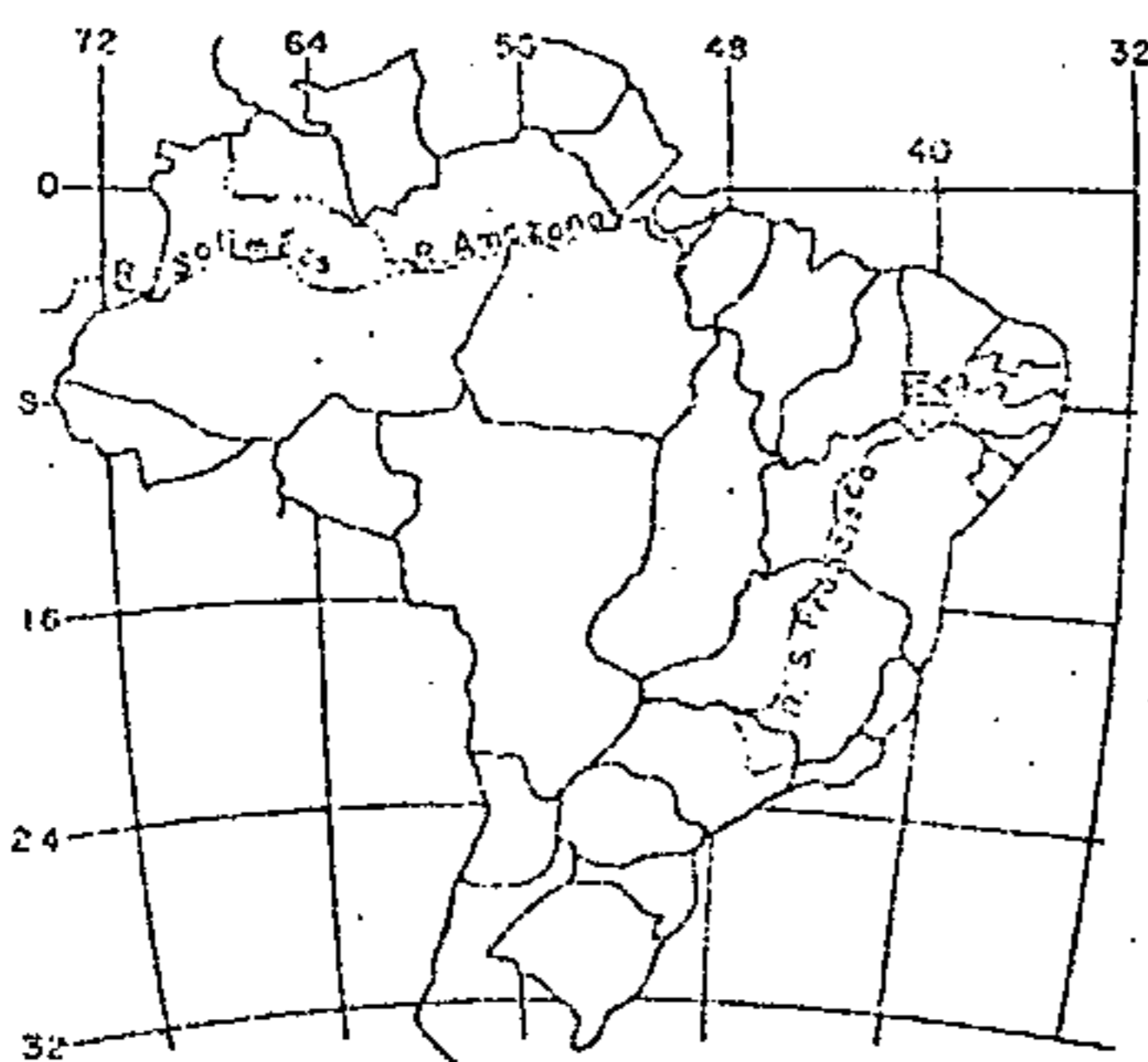
1.4 - Aspectos Sócio-Econômicos da Área

O principal centro de desenvolvimento da área do projeto encontra-se no Estado do Ceará, representado pelas cidades de Crato e Juazeiro do Norte, que distam entre si de 12 km por estrada asfaltada, e para onde convergem as populações dos municípios vizinhos dos três Estados. O melhor aeroporto

PROJETO SANTANA MAPA DE LOCALIZAÇÃO

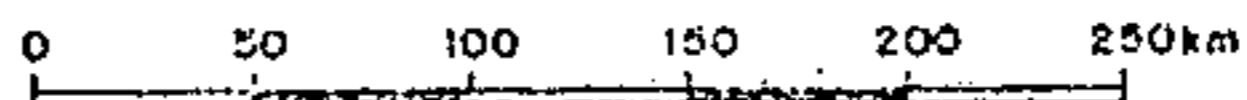


LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



ÁREA DO PROJETO

ESCALA - 1:8.000.000



FOLHAS 1:100.000

- 1-FOLHA SB-24-Y-C-III - FRONTEIRAS
- 2-FOLHA SB-24-Y-D-I - CAMPOS SALES
- 3-FOLHA SB-24-Y-D-II - SANTANA DO CARIRÍ
- 4-FOLHA SB-24-Y-D-III - CRATO
- 5-FOLHA SB-24-Y-C-VI - SIMÕES
- 6-FOLHA SB-24-Y-D-IV - OURICURI
- 7-FOLHA SB-24-Y-D-V - SODOCÓ
- 8-FOLHA SB-24-Y-D-VI - JARDIM

da região está em Juazeiro do Norte, o qual no momento sofre ampliação para permitir o tráfego de aviões a jato. Existe ligação ferroviária entre aquelas duas cidades e Fortaleza, por um percurso total de 600 km. Elas também são servidas por circuitos de micro-onças. As rodovias asfaltadas CE-55 e BR-116 ligam aquelas cidades com a capital cearense.

No lado de Pernambuco, as cidades mais importantes são Ouricuri e Araripina; na parte piauiense da área existem apenas duas cidades, Simões ao sul e Fronteiras ao norte.

A atividade econômica dominante da região é a agropecuária, destacando-se a agricultura. Mas a atividade mineira é bem desenvolvida, principalmente no lado de Pernambuco, que conta com numerosas minas de gipsita nos municípios de Ouricuri, Ipubi, Trindade e Araripina. Cada uma dessas duas últimas cidades possui uma usina de calcinação de gipsita. No Ceará, as minas de gipsita estão nos municípios de Crato e Santana do Cariri, detendo este último maior número de jazidas. O município de Crato também produz argilas que abastecem duas grandes cerâmicas, a NORGUAÇU naquela cidade e a CECASA em Barbalha. Neste município está sendo construída uma fábrica de cimento que utilizará as matérias primas abundantes na área, tais como calcário, gipsita e argilas.

Em toda extensão da Chapada do Araripe a cultura da mandioca é largamente difundida, havendo numerosas casas de farinha. Na parte leste da área, envolvendo os municípios de Jardim, Missão Velha, Barbalha, Crato e outros, todos no Ceará, a plantação de cana-de-açúcar é extensiva. Em Barbalha foi recentemente inaugurada uma usina com capacidade prevista para 800 mil sacas anuais de açúcar. Na parte de Pernambuco existem plantações de algodão, mamona, feijão, milho e arroz.

Na cidade de Araripina, uma fábrica de óleo absorve toda a produção de mamona da região. O município de Simões é o maior produtor de algodão do Piauí e naquela cidade há uma usina de beneficiamento daquele produto.

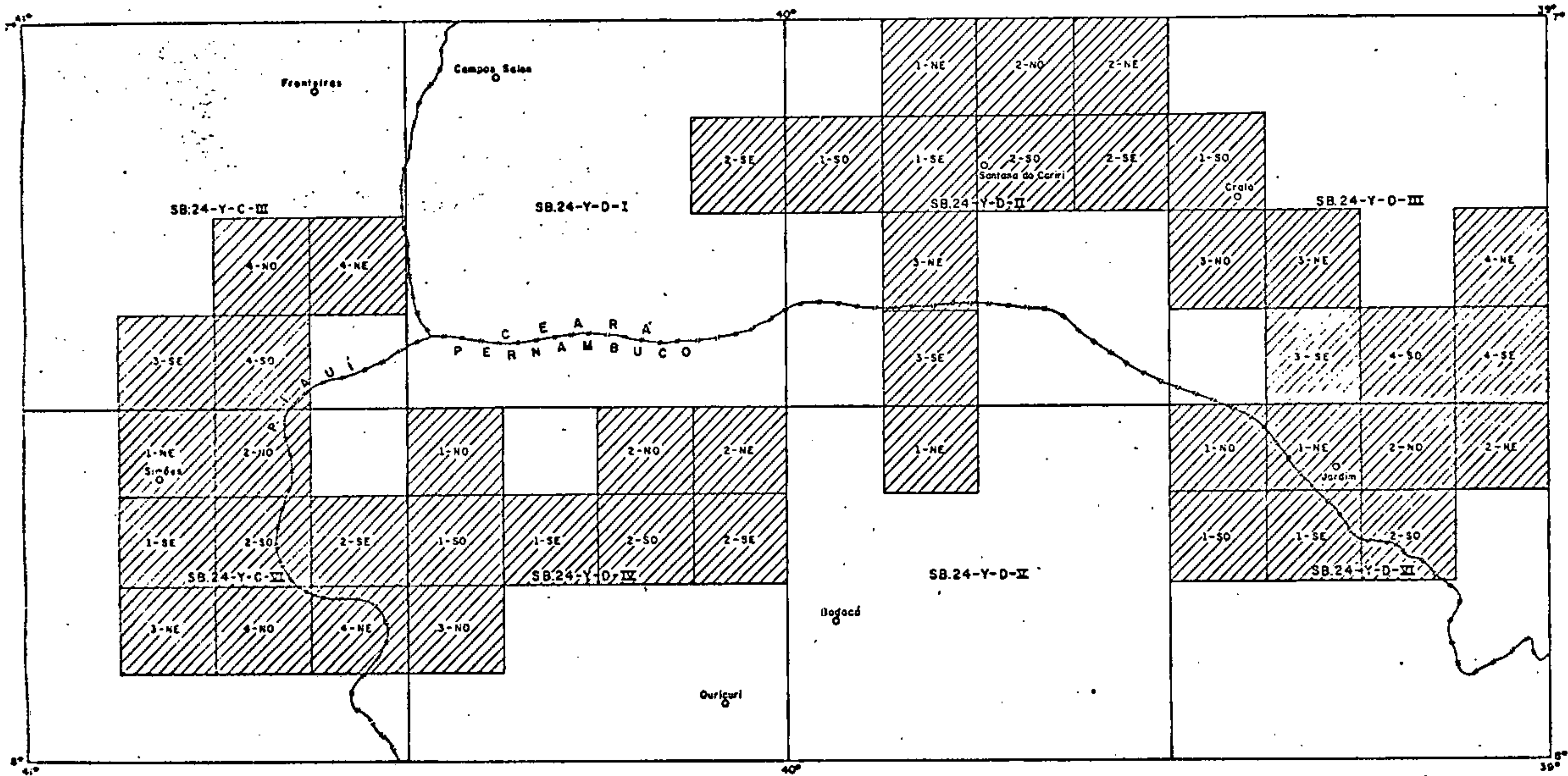
1.5 - Metodologia

O projeto iniciou suas atividades com os trabalhos de compilação bibliográfica e fotointerpretação, cujos resultados foram apresentados no Relatório Preliminar da Etapa I.

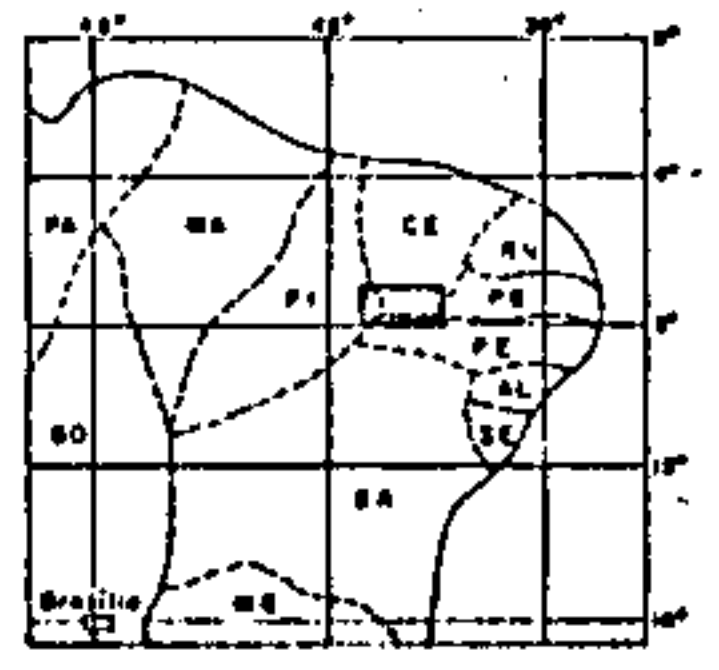
Conforme estabelecido no programa oficial foi executado o mapeamento geológico na escala de 1:25.000 de toda área de ocorrência da Formação Santana e suas zonas de contato envolvendo 45 folhas naquela escala (vide volumes II, III, IV e V). As bases planimétricas foram obtidas através da ampliação fotográfica dos mapas topográficos na escala de 1:100.000, editados pelo Serviço Geográfico do Exército. A figura 2 mostra a articulação das bases dentro da área do projeto, cuja distribuição nas quadriculas 1:100.000 é a seguinte:

<u>QUADRÍCULA</u>	<u>NOMENCLATURA</u>	<u>Nº DE FOLHAS 1:25.000</u>
Fronteiras	SB.24-Y-C-III	4
Campos Sales	SB.24-Y-D-I	1
Santana do Cariri	SB.24-Y-D-II	9
Crato	SB.24-Y-D-III	7
Simões	SB.24-Y-C-VI	8
Ouricuri	SB.24-Y-D-IV	8
Bodocó	SB.24-Y-D-V	1
Jardim	SB.24-Y-D-VI	7

MAPA DE ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS MAPEADAS NA ESCALA DE 1:25.000



LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO PROJETO



PROJETO SANTANA



CPRM
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO RECIFE

MORAES, J.F.S. — 1976

FIG. 2

O mapeamento foi realizado pelos métodos convencionais, através de seções medidas do topo a base da Formação Santana, incluindo uma faixa maior no contato inferior, de modo a abranger a parte superior da Formação Missão Velha.

Para o controle de altimetria foram utilizados altímetros Paulin, dispondo-se, para as correções necessárias à obtenção das altitudes verdadeiras, de idêntico aparelho na base, cuja leitura era anotada a intervalos de quinze minutos. Apesar das correções de temperatura e pressão verificou-se discrepâncias entre as diferenças de altitudes absolutas de dois pontos quando confrontadas com medições efetuadas a trena. Dessa forma, as altitudes obtidas não são confiáveis e os erros devem ser atribuídos à falta de referência de nível em diversas localidades, a constatação de referência de nível inverídica e finalmente a deficiência ou defeito do altímetro.

Todas as seções geológicas medidas foram realizadas ao longo dos rios que nascem na base da escarpa da Chapada do Araripe, pois somente através deles seria possível estudar o empilhamento das camadas. Fora dos cursos d'água raramente são encontrados afloramentos e via de regra só se encontra solo coberto por seixos e blocos, principalmente do arenito da Formação Exu. Cada equipe percorria em média 6 km a pé por dia. Além das seções, foram feitos caminhamentos geológicos e pontos de controle em locais julgados necessários.

As estações geológicas foram plotadas em fotografias aéreas na escala de 1:25.000, com exceção da quadrícula de Crato cujas fotos aéreas disponíveis são na escala de 1:40.000. O conceito de estações geológicas aqui referido significa todos os pontos plotados em fotografias aéreas os quais serviram de base para a delimitação das diversas unidades lito

lógicas. No escritório elaborava-se o perfil litológico vertical na escala de 1:100, correspondente a cada seção medida.

Paralelamente ao mapeamento realizaram-se a amostragem geoquímica de rocha e o serviço de orientação geoquímica com a coleta de sedimento ativo de corrente em cinco perfis selecionados. Essas amostragens foram registradas em fichas apropriadas e encaminhadas para o computador da CPRM, para o processamento dos resultados analíticos de todas as amostras. A metodologia adotada para o serviço orientativo é abordada no capítulo 7 referente a geoquímica.

Das 1.649 estações geológicas plotadas em fotografias aéreas, 74 estações não figuram nos mapas de pontos de afloramentos por estarem fora da área de interesse do Projeto.

Para elaboração das fichas de descrição de afloramento foram consideradas apenas as estações que apresentaram exposições de rocha as quais perfazem um total de 722. As fichas, distribuídas por quadrícula de 1:100.000, são apresentadas no volume VI. A localização de cada estação na ficha é representada pela nomenclatura da respectiva folha na escala de 1:25.000 e por coordenadas cartesianas, medidas em milímetros a partir do vértice esquerdo inferior do mapa, constituindo o primeiro número a abcissa e o segundo, separado por ponto, a ordenada.

Foram cadastrados um total de 60 depósitos minerais, incluindo ocorrências e minas, os quais estão numerados sequencialmente de 1 a 60 nos mapas geológicos, fichas de cadastro de ocorrência e nas fotos aéreas. A localização dos depósitos nas respectivas fichas é apresentada da mesma forma que as fichas de descrição de afloramento.

Após os trabalhos de campo, realizou-se a fotointer

pretação final, definindo-se as facies dos sedimentos mapeados. Os dados geológicos, reunidos e compatibilizados, foram transferidos das fotos aéreas para as bases planimétricas através do MAP-O-GRAPH, modelo 55C, obtendo-se, dessa forma, os 45 mapas geológicos e os mapas de pontos de afloramentos (vide volumes II, III, IV e V). Através daquele aparelho foram desenhadas nas bases a drenagem de detalhe da área mapeada.

Nos mapas de pontos de afloramentos constam as estações geológicas que representam as seções geológicas medidas, caminhamentos e pontos de controle. A simbologia das estações identificam as amostras coletadas, análises químicas (englobando absorção atômica, espectrografia de emissão semiquantitativa e via úmida) e análise bioestratigráfica.

1.6 - Dados Físicos de Produção

O Relatório Preliminar da Etapa I consta de 28 resumos oriundos de trabalhos consultados e de oito mapas fotogeológicos na escala de 1:100.000 mostrando a área de distribuição da Formação Santana e suas zonas de contato. O resumo dos dados físicos de produção para o Relatório Final da Etapa I é apresentado a seguir:

- Estações geológicas	1.649
- Afloramentos estudados	1.352
- Seções geológicas medidas	436 km
- Área mapeada	1.730 km ²
- Densidade de estações geológicas por km ²	0,95/ km ²
- Quilometragem percorrida em trabalhos de campo.	20.928 km
- Quilometragem percorrida em deslocamentos.....	18.423 km
- Total de quilômetros percorridos	39.351 km
- Total de quilômetros percorridos a pé	831 km

- Ocorrências minerais cadastradas	60
- Mapas geológicos na escala de 1:25.000.....	45
- Mapas de pontos de afloramentos na escala 1:25.000	45
- Perfis litológicos na escala de 1:100 ou 1:200 .	67
- Duração do período de campo	180 dias
- Dias efetivos de trabalhos de campo	120 dias
- Amostras de sedimento de corrente analisadas no LAMIN	300
- Amostras de sedimento de corrente analisadas por absorção atômica	300
- Determinações químicas em sedimento de corrente por absorção atômica	1.200
- Amostras de sedimento de corrente analisadas por espectrografia de emissão	300
- Determinações químicas em sedimento de corrente por espectrografia de emissão para 30 elementos.	9.000
- Amostras de rocha coletadas	471
- Amostras de rocha analisadas no LAMIN	452
- Amostras de rocha analisadas por absorção atômica	393
- Determinações em amostras de rocha por absorção atômica	1.572
- Amostras de rocha analisadas por espectrografia de emissão	407
- Determinações em amostras de rocha por espectro- grafia de emissão para 30 elementos	12.210
- Amostras de rocha analisadas por via úmida.....	137
- Determinações químicas em rocha por via úmida...	457
- Total de determinações químicas pelos diversos métodos analíticos	14.239

- Amostras de rocha para análise bioestratigráfica, ambiental e palinológica	61
- Amostras analisadas por lâmina delgada	6
- Amostras analisadas por seção polida	5
- Amostras analisadas por difração de raios-X.....	4

Uma estação geológica pode representar simplesmente um ponto de controle geológico desprovido de afloramento, como também um ou mais afloramentos, quando em plano vertical mostra exposições de litologias distintas, efetivamente estudadas. Dessa forma deve-se distinguir estação geológica e afloramento estudado que corresponde a toda camada litológica que pertença a uma dada estação.

1.7 - Trabalhos Anteriores

Tendo em vista que os dados concernentes a este item foram amplamente abordados no Relatório Preliminar, serão destacados aqui, em ordem cronológica, os tópicos mais relevantes dos trabalhos anteriores que deram ensejo ao projeto.

Cassedanne (1965) estudou uma ocorrência de sulfetos de chumbo, cobre e ferro, na Formação Santana, no lugar chamado Taboca, município de Crato, Ceará. A camada mineralizada, com possança de 1-1,5 metro, é formada por sedimentos laminados, betuminosos, concreções calcárias e brechas sin-sedimentares, intercaladas em arenitos argilosos, margas e argilas. A presença de melnicovita, pirita framboidal, blenda e marcassita epigenéticas, ostracoides e outros fatos sugerem uma mineralização sin-sedimentar, remobilizada durante a diagenese. O teor do banco mineralizado foi estimado em algumas unidades por cento de chumbo e zinco.

A amostragem para cobre de sedimentos da Formação Santana realizada por Barbosa et alii (1970) revelou mineralizações daquele elemento em três localidades distintas. No sítio Romualdo, município de Crato, Ceará, uma seção de 21 amostras, acusou valores de 200 a 700 ppm de cobre. No riacho Bata-teiras, no mesmo município, foram coletadas um total de 39 amostras, 12 das quais mostraram valores de 150 a 325 ppm. No município de Ipubi, Pernambuco, foram amostrados os testemunhos de dois furos de sonda, um situado em Feitoria e o outro na Serra Branca. Na sondagem de Feitoria foram coletadas 62 amostras que revelaram um trecho anômalo desde a boca do furo até 72 metros de profundidade. Em Serra Branca, das 54 amostras tomadas, oito mostraram valores de 150-700 ppm de cobre, no intervalo de 80-100 metros de profundidade.

No trabalho de Munis (1971) consta os resultados analíticos de 168 amostras da Formação Santana na área de Casa de Pedra, coletadas nos testemunhos de cinco furos de sonda. Dos elementos dosados, o zinco detém a maior anomalia com 7.000 ppm, mas a média foi de 210 ppm. O chumbo deu um máximo de 1.200 ppm e essa mesma amostra acusou 3.100 ppm de zinco; a média de chumbo foi de 55 ppm. A anomalia máxima de cobre foi de 1.000 ppm e o valor mínimo de 30 ppm, sendo a média de 55 ppm. O valor máximo de níquel foi de 100 ppm e a média de 45 ppm. O cobalto com valor máximo de 130 ppm e média de 30 ppm, e a prata com valores sempre inferiores a 50 ppm e média de 15 ppm.

Considerando a crescente importância assumida pelas jazidas sedimentares de sulfetos singenéticos, Farina (1974) estudou as ocorrências de galena da Formação Santana, estabelecendo um paralelismo com o grande jazimento do Kupferschiefer

(Mansfeld). Além da ocorrência descrita por Cassedanne (op. cit.), investigou mais cinco mineralizações inéditas, todas no Estado do Ceará. As ocorrências se distribuem linearmente por 75 km segundo NW-SE e apresentam condicionamentos litológico-estratigráfico análogo. O nível mineralizado, com espessura variando de 0,40-0,80 m, situa-se na base da formação e é representado por sedimentos laminados e betuminosos, incluindo fo^lhelho carbonático, margá, calcário e conglomerado calcário. O conglomerado calcário revelou anomalias de 7.000 ppm de chumbo e 75.000 ppm de manganês. Os elementos que apresentam concentrações elevadas são Pb, Zn, Mn e Fe. O chumbo alcança 10.000 ppm em calcário laminado betuminoso, com média de 3.600 ppm, e varia entre 200-1.500 ppm no folhelho carbonático betuminoso. O zinco mostra um teor máximo de 7.000 ppm, com variações de 1.500-5.000 ppm no folhelho carbonático betuminoso e de 200-7.000 ppm no calcário laminado betuminoso, com média de 2.100 ppm. O ferro atinge 20% no folhelho carbonático betuminoso e no calcário laminado betuminoso apresenta uma concentração média de 4%.

2 - ASPECTOS GEOGRÁFICOS

A área do projeto está situada no alto sertão nordestino, numa região chamada de Chapada do Araripe, domínio da bacia sedimentar do mesmo nome.

O clima da região é semi-árido de baixas latitudes (Bsh), caracterizado por duas estações distintas, a chuvosa ou "inverno" que se estende geralmente de janeiro a abril e a seca ou "verão" que se alonga por oito meses, com quase ausência de chuva. A média pluviométrica anual varia de 700-1.000 mm e a evaporação excede a precipitação.

Porém, dentro da área podem ser distinguidas três zonas fisiográficas, chapada, talude e pediplano. A zona da chapada (fig. 3), constitui a mais importante feição morfológica da área, sendo formada pelo arenito Exu, o qual é praticamente desprovido de drenagem face a sua elevada porosidade e permeabilidade. O terreno é quase plano, formando uma extensa mesa que segundo a direção leste-oeste se estende por cerca de 180 km, com largura variando de 30 a 50 km. A parte mediana do seu maior comprimento representa a fronteira entre os Estados de Pernambuco ao sul, e Ceará ao norte. Na extremidade ocidental, próximo do limite entre esses dois Estados e o do Piauí, a chapada sofre uma inflexão de noventa graus, formando outro ramo orientado segundo norte-sul, o qual tem comprimento da ordem de 60 km e largura média de 20 km (fig. 3). A parte central deste ramo serve de divisa entre os Estados de Pernambuco a leste e Piauí a oeste. A chapada representa o divisor de água entre as bacias hidrográficas do rio Jaguaribe ao norte e do rio São Francisco ao sul, e o ramo norte-sul separa esta última daquela formada pelo rio Parnaíba, a oeste. As maiores

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS DA CHAPADA DO ARARIPE

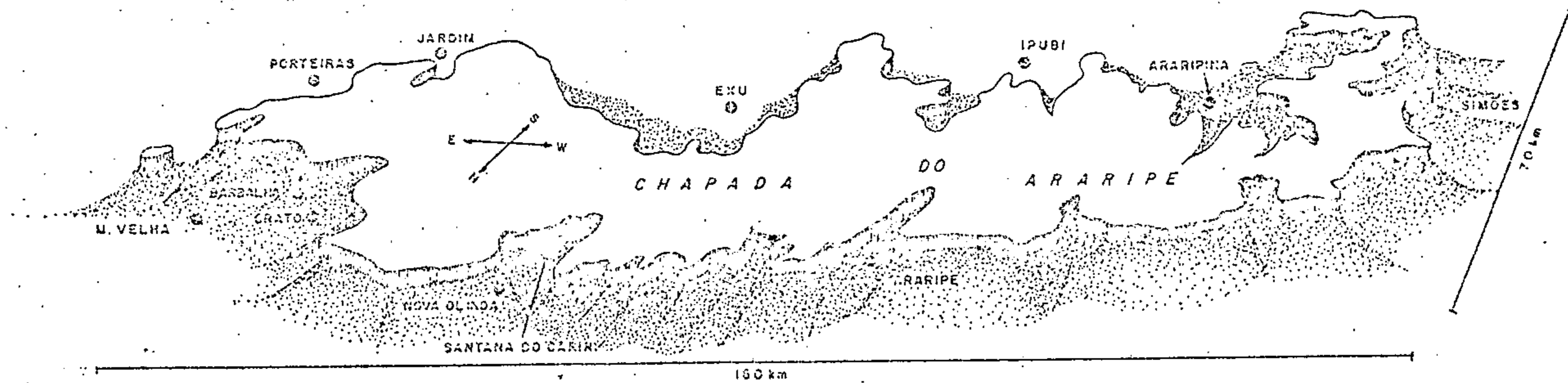


Fig. 3

altitudes estão na parte oriental da chapada, entre Crato, Porteiras, Jardim e Exu, com cotas superiores a 900 m, medindo 1.000 m a maior elevação, situada ao norte de Porteiras. A altitude diminui gradativamente para oeste até pouco mais de 700 m nas imediações de Araripina. Mais a oeste, no lado do Piauí, denota-se um acréscimo na altitude, situando-se em torno de 760 m. O solo da chapada é uniforme, essencialmente silicoso, poroso e permeável, oriundo do intemperismo do arenito Exu. As chuvas são mais intensas do que na zona de pediplano e as temperaturas são mais baixas, atingindo 18^oC nos meses de "inverno". A vegetação é extensiva, uniforme, densa, de médio a grande porte. Em quase todos os lados, a chapada é limitada por uma escarpa vertical de desnível considerável. Do lado norte, o cearense, a escarpa é cortada por vários anfiteatros de erosão, separados por espigões salientes. Na borda meridional, lado pernambucano, apresenta três grandes anfiteatros, um oriental, dentro do qual, localiza-se a cidade de Exu; um intermediário, separado do de Exu pelo espigão que forma a serra da Mandioca, em cujo centro situa-se a cidade de Ipubi; e um ocidental, abrigando em seu interior a cidade de Araripina e constitui o vértice do ângulo entre os dois ramos da chapada.

A zona de talude é aquela que bordeja o sopé da chapada e é bem representada principalmente na parte setentrional da área. Nessa zona ocupada por sedimentos da Formação Santana, a drenagem é densa, miuda e ramificada; o clima é quente e úmido e o solo é espesso, de baixa acidez, pouco permeável e muito fértil. Na base da escarpa, início dessa zona, existem numerosas fontes d'água permanentes, em grande parte situadas entre os municípios de Abaiara e Santana do Cariri, no Ceará. A atividade agrícola desenvolve-se com mais intensidade, com

culturas variadas, destacando-se a cana de açúcar que se estende também pelos vales.

A zona de talude grada, a medida que se afasta da escarpa da chapada, para a zona de pediplano, a qual exhibe um relevo ondulado, por vezes acidentado, representado em menor parte pelos sedimentos mais antigos da Série Araripe e, na maior parte, pelas rochas do embasamento cristalino. A drenagem formada na zona anterior, vem constituir nesta última os principais rios intermitentes da região. O clima é semi-árido e a vegetação é típica da caatinga. O solo é pedregoso, de pequena possança e sua composição e cor geralmente variam de acordo com a natureza das rochas sotopostas.

3 - ESTRATIGRAFIA

3.1 - Comentários Gerais

Como a finalidade do mapeamento se restringe às rochas da Formação Santana e suas zonas de contato, as outras unidades foram estudadas de modo muito genérico e resumido e desta forma serão abordadas neste capítulo.

Na figura 4 estão resumidos os esquemas estratigráficos propostos por diversos autores para as rochas sedimentares que integram a bacia do Araripe, desde a divisão precursora de Small (1914).

As unidades estratigráficas incluídas no mapeamento - de semi-detalle realizado por este Projeto são a parte superior da Formação Missão Velha, a Formação Santana e a Formação Exu.

A denominação Santana foi atribuída originalmente para calcários e margas por Small (op.cit.). Posteriormente, Moraes et alii (1963), mapearam e ampliaram esta conceituação, mantendo aquelas litologias como características da unidade.

Beurlen (1963), realizou estudos mais aprofundados na área, porém, adotou a divisão desta unidade em duas outras de mesma categoria, empregando o nome Formação Santana para outras litologias (argilas, margas e gipsita) e Formação Crato para os calcários. Esta restrição do termo é incompatível com o Código Internacional de Nomenclatura Estratigráfica, quando trata da redefinição das unidades litoestratigráficas.

Anjos (1963-1964) e Braun (1966) adotaram a conceituação ampla de Formação Santana, incluindo calcários, siltitos, folhelhos, margas e gipsita.

Beurlen (1971 b), propõe modificações na sua coluna

original, considerando a Formação Santana no mesmo sentido dos dois autores acima citados, e a subdivide nos membros Crato, Ipubí e Romualdo. Porém, os mesmos não foram formalizados por seções-tipos e localizações, dificultando o estabelecimento das relações de contato para mapeamento. Foi observado também que a litologia descrita para o Membro Ipubí não correspondia às verificações de campo.

Braun (op.cit.) divide a Formação Missão Velha de Beurlen (1963,op.cit.) nas Formações Aliança e Sergi, com base em correlações com as respectivas unidades estabelecidas na bacia do Recôncavo, atribuindo a ambas idade Purbeckiano (Jurássico Superior).

Caldasso (1967 a,b), mapeou na escala 1:50.000 as quadrículas de Jardim e Bodocó. Na mesma escala, Veiga (1966, 1968), mapeou as quadrículas de Crato e Ouricuri. A diferença fundamental entre esses mapeamentos e o trabalho realizado pelo Projeto Santana reside no fato de que este último estuda em detalhe a sequência correspondente a Formação Santana, definindo o empilhamento real das camadas, com separação em facies.

No presente trabalho, as Formações Missão Velha, Santana e Exu descritas por Beurlen(1963,op.cit.) e mapeadas por Moraes et alii(op.cit.), Caldasso(op.cit.) e Veiga(op.cit.) foram mantidas dentro das conceituações desses autores. A Formação Santana inclui calcários, siltitos, folhelhos, margas e gipsita.

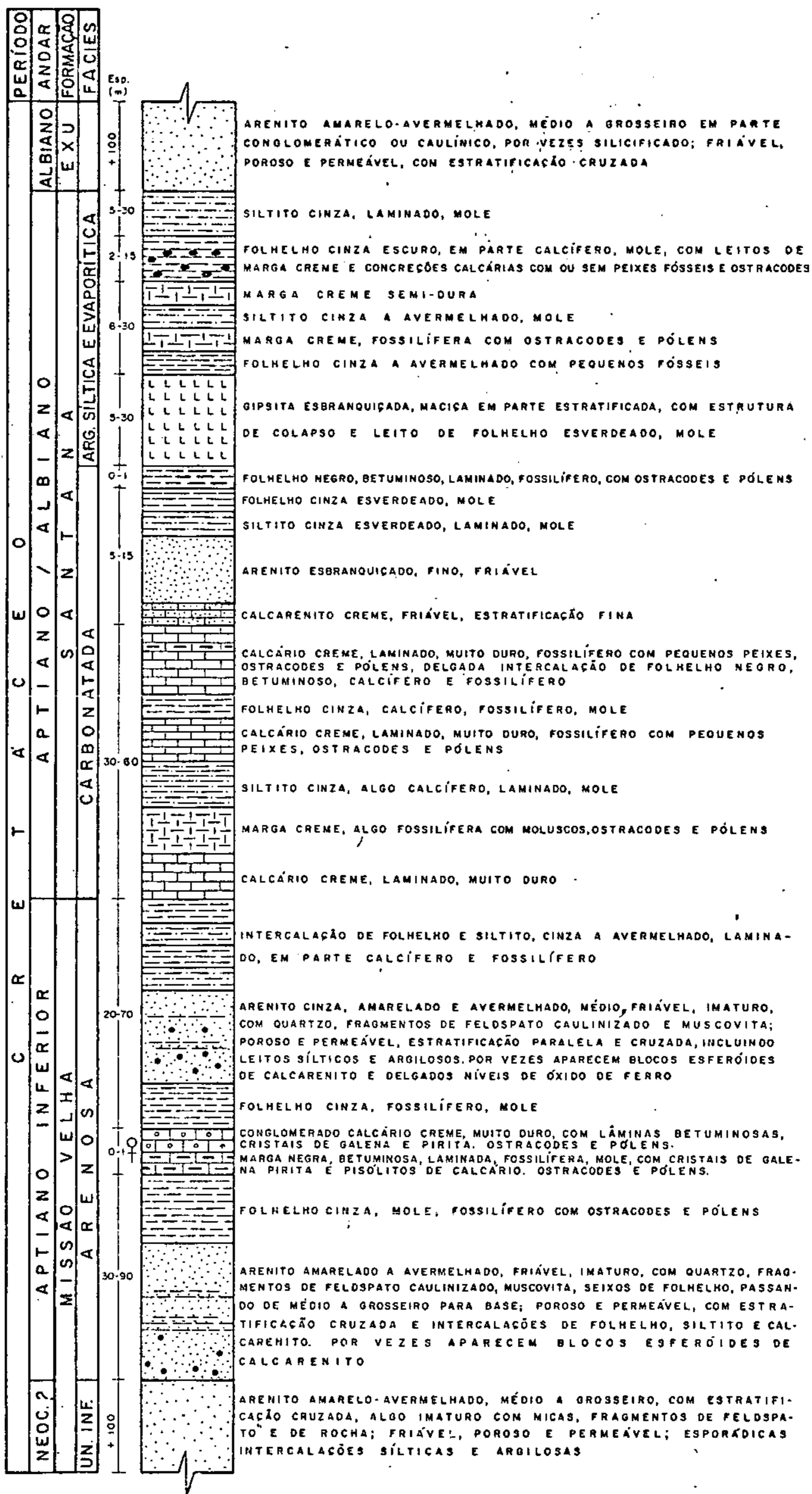
Nestas unidades formais foram diferenciadas as facies determinantes da sequência evolutiva para a interpretação dos condicionamentos dos sulfetos estratiformes.

As unidades mapeadas receberam as seguintes denominações: Embasamento Cristalino (pE), Formação Cariri (Dc), Formação Missão Velha dividida em Unidade Inferior (Kmvi) e Facies Arenosa (Kmva), Formação Santana dividida em Facies Carbonata-

QUADRO COMPARATIVO DAS COLUNAS ESTRATIGRÁFICAS DA BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE

SMALL, H. (1914)	MORAIS, L.J. et alii (1963)	BEURLIN, K. (1963)	ANJOS, N.F.R. (1963 - 1964)	BRAUN, O.P.G. (1966)	BEURLIN, K. (1971 b)	PROJETO SANTANA MORAES, J.F.S. et alii (1976)
ARENITO SUPERIOR	ARENITO	ARENITO COM TIPO NO BASE	ARENITO GROSSEIRO EM PARTE CONGLOMERÁTICO	ARENITO MÉDIO E GROSSEIRO	ARENITO FINO E GROSSEIRO	ARENITO MÉDIO E GROSSEIRO, COM LITOS CAULÍNICO E CONGLOMERÁTICO
SANTANA	<p>Calcário e margo</p> <p>Calcário laminado com gipsito</p> <p>Calcário e margo com peixes fósseis e gipsito</p>	<p>Argilas, margo e gipsito</p> <p>Siltito e calcário, laminados, com litos de folhelho betuminoso</p>	<p>Argilas, margos, calcários, siltitos, gipsito e xisto betuminoso</p>	<p>Siltito, margo, calcário, folhelhos de vezes betuminosos e gipsito</p>	<p>Argilas e siltitos</p> <p>Gipsito, calcários e margos com conchões calcários fossilíferos</p> <p>Calcários e siltitos laminados</p>	<p>Siltito, folhelho com concreções calcárias contendo ictiólitos, margo e gipsito.</p> <p>Calcário laminado com folhelho betuminoso, folhelho fino, margo, calcarenite e siltito</p>
ARENITO INFERIOR	ARENITO	ARENITO COM SILTITO E FOLHELHO. FRONCO SILICIFICADO	ARENITO COM ARGILAS	ARENITO COM LITOS DE FOLHELHO E SILTITO, FRONCO SILICIFICADO	ARENITO COM NÍVEL DE ARGILITO E MADEIRO SILICIFICADO	ARENITO FINO E GROSSEIRO COM SILTITO, FOLHELHO, CALCARENITO, CONGLOMERADO CALCÁRIO E MARGO BETUMINOSO
CONGLOMERADO BASAL	CONGLOMERADO	CONGLOMERADO E ARENITO GROSSEIRO	ARENITO CONGLOMERÁTICO	ARENITO CONGLOMERÁTICO	CONGLOMERADO E ARENITO GROSSEIRO	ARENITO GROSSEIRO E CONGLOMERÁTICO, ALGO CAULÍNICO
FORMAÇÃO CARIRI	FORMAÇÃO CARIRI	FORMAÇÃO CARIRI	FORMAÇÃO CARIRI	FORMAÇÃO CARIRI	FORMAÇÃO CARIRI	FORMAÇÃO CARIRI
MEMBRO SUPERIOR	MEMBRO SUPERIOR	MEMBRO SUPERIOR	MEMBRO SUPERIOR	MEMBRO SUPERIOR	MEMBRO SUPERIOR	MEMBRO SUPERIOR
MEMBRO INFERIOR	MEMBRO INFERIOR	MEMBRO INFERIOR	MEMBRO INFERIOR	MEMBRO INFERIOR	MEMBRO INFERIOR	MEMBRO INFERIOR
APTIANO OU ALBIANO	APTIANO - ALBIANO	APTIANO - ALBIANO	APTIANO - ALBIANO	APTIANO - ALBIANO	APTIANO - ALBIANO	APTIANO - ALBIANO
FORMAÇÃO ARAJARA	FORMAÇÃO ARAJARA	FORMAÇÃO ARAJARA	FORMAÇÃO ARAJARA	FORMAÇÃO ARAJARA	FORMAÇÃO ARAJARA	FORMAÇÃO ARAJARA
CRETÁCEO SUPERIOR	CRETÁCEO SUPERIOR	CRETÁCEO SUPERIOR	CRETÁCEO SUPERIOR	CRETÁCEO SUPERIOR	CRETÁCEO SUPERIOR	CRETÁCEO SUPERIOR
CRETÁCEO INFERIOR	CRETÁCEO INFERIOR	CRETÁCEO INFERIOR	CRETÁCEO INFERIOR	CRETÁCEO INFERIOR	CRETÁCEO INFERIOR	CRETÁCEO INFERIOR
JURÁSSICO SUPERIOR	JURÁSSICO SUPERIOR	JURÁSSICO SUPERIOR	JURÁSSICO SUPERIOR	JURÁSSICO SUPERIOR	JURÁSSICO SUPERIOR	JURÁSSICO SUPERIOR
JURÁSSICO INFERIOR	JURÁSSICO INFERIOR	JURÁSSICO INFERIOR	JURÁSSICO INFERIOR	JURÁSSICO INFERIOR	JURÁSSICO INFERIOR	JURÁSSICO INFERIOR
DEVONIANO INFERIOR	DEVONIANO INFERIOR	DEVONIANO INFERIOR	DEVONIANO INFERIOR	DEVONIANO INFERIOR	DEVONIANO INFERIOR	DEVONIANO INFERIOR
DEVONIANO SUPERIOR	DEVONIANO SUPERIOR	DEVONIANO SUPERIOR	DEVONIANO SUPERIOR	DEVONIANO SUPERIOR	DEVONIANO SUPERIOR	DEVONIANO SUPERIOR
NEOCOMIANO	NEOCOMIANO	NEOCOMIANO	NEOCOMIANO	NEOCOMIANO	NEOCOMIANO	NEOCOMIANO
ALBIANO	ALBIANO	ALBIANO	ALBIANO	ALBIANO	ALBIANO	ALBIANO
TURONIANO	TURONIANO	TURONIANO	TURONIANO	TURONIANO	TURONIANO	TURONIANO
APTIANO	APTIANO	APTIANO	APTIANO	APTIANO	APTIANO	APTIANO
SANTANA	SANTANA	SANTANA	SANTANA	SANTANA	SANTANA	SANTANA
MISSÃO VELHA	MISSÃO VELHA	MISSÃO VELHA	MISSÃO VELHA	MISSÃO VELHA	MISSÃO VELHA	MISSÃO VELHA
MISSÃO NOVA	MISSÃO NOVA	MISSÃO NOVA	MISSÃO NOVA	MISSÃO NOVA	MISSÃO NOVA	MISSÃO NOVA
BREJO SANTO	BREJO SANTO	BREJO SANTO	BREJO SANTO	BREJO SANTO	BREJO SANTO	BREJO SANTO
ALIANÇA	ALIANÇA	ALIANÇA	ALIANÇA	ALIANÇA	ALIANÇA	ALIANÇA
SERGI	SERGI	SERGI	SERGI	SERGI	SERGI	SERGI
ROMUALDO	ROMUALDO	ROMUALDO	ROMUALDO	ROMUALDO	ROMUALDO	ROMUALDO
CRATO	CRATO	CRATO	CRATO	CRATO	CRATO	CRATO
IPUBI	IPUBI	IPUBI	IPUBI	IPUBI	IPUBI	IPUBI
CARBONATADA	CARBONATADA	CARBONATADA	CARBONATADA	CARBONATADA	CARBONATADA	CARBONATADA
EVAPORÍTICA	EVAPORÍTICA	EVAPORÍTICA	EVAPORÍTICA	EVAPORÍTICA	EVAPORÍTICA	EVAPORÍTICA

**COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA COMPLETA,
REPRESENTATIVA DE TODA A ÁREA MAPEADA**



da (Ksc) e Facies Argilo-Síltica e Evaporítica(Ksa) e Formação Exu (Ke). Também estão definidas as litologias que compõem o Cenozóico. A figura 5 mostra a caracterização e sucessão litológica das principais unidades mapeadas.

Cassedanne (op cit.) e Farina (op.cit.) situam a zona mineralizada em Pb e Zn da área como fazendo parte da Formação Santana. Mas, esta unidade, de acordo com a definição de Beurlen (1963) se inicia com calcários laminados, enquanto que aquela faixa mineralizada está abaixo dos calcários e encaixada num espesso pacote de arenitos. Em vista disso, a referida faixa pertence a parte superior da Formação Missão Velha, a qual foi designada pelo projeto de facies arenosa.

A unidade imediatamente sobreposta a facies arenosa foi designada de facies carbonatada que corresponde a Formação Crato definida por Beurlen (1963), envolvendo totalmente o Membro Crato e a parte do Membro Ipubí que inclui os calcários até a base da gipsita, do mesmo autor (1971 b, op.cit.).

Segue-se a facies argilo-síltica e evaporítica que se inicia com o horizonte evaporítico, correspondendo a Formação Santana de Beurlen (1963,op.cit.), englobando a parte superior do Membro Ipubí e todo o Membro Romualdo, estabelecidos pelo mesmo autor (1971 b, op.cit.)

3.2 -Embasamento Cristalino (pE)

O embasamento cristalino da área em estudo é representado genericamente por granitóides, migmatitos, gnaisses, xistos e filitos, em contato discordante em várias localidades com as facies mapeadas. Os gnaisses, migmatitos e granitos são as rochas mais abundantes, ocorrendo principalmente da parte intermediária da bacia até o seu limite ocidental. Estão em

contato direto com a Formação Exu no lado sul da Chapada nas quadrículas de Bodocó e a nordeste de Araripina na quadrícula de Ouricuri; no limite oeste da chapada, nas quadrículas de Simões e Fronteiras e ao norte da chapada na quadrícula de Campos Sales. Os xistos e filitos têm larga distribuição na parte oriental da bacia, ocorrendo nas quadrículas de Bodocó, Crato e Jardim e apenas a sudeste da cidade de Jardim; nesta última quadrícula, aquelas rochas do embasamento estão em contato direto com a Formação Exu. Na maior parte da área aquelas rochas jazem discordantemente sob sedimentos mais antigos da bacia. Os granitóides, em corpos pequenos e grandes, ocorrem em todas as quadrículas, especialmente nas de Ouricuri, Bodocó e Jardim. A noroeste da cidade de Crato ocorre um granito porfiróide, com porfiroblastos centimétricos de feldspato róseo, exibindo geração Carlsbad e figuras hexagonais concêntricas; este corpo forma uma grande elevação e jaz em contato com a Formação Exu. Na quadrícula de Bodocó, fora da área mapeada, existe um grande corpo granítico em contato direto com os arenitos da Formação Exu. Geralmente, os granitóides constituem as maiores elevações do embasamento, com feições as vezes circulares em forma de meia laranja; os migmatitos exibem um relevo acidentado e irregular; e os xistos e filitos formam vastas depressões onduladas.

3.3 - Formação Cariri (Dc)

Esta unidade foi estudada por Beurlen (1963), que a designou de Formação Cariri, e é descrita como a seção mais inferior da sequência sedimentar, correspondendo ao conglomerado basal de Small (op.cit.). Aquela autor atribuiu idade Neocômiense a formação e registra que ela ocorre numa faixa relativamente estreita a nordeste da chapada, na região de Crato-Jua -

zeiro do Norte, em Missão Velha, Mauriti e Milagres, repousando diretamente sobre o embasamento cristalino. Litologicamente, trata-se de um conglomerado com seixos predominantemente de quartzo rolado, e de arenito grosseiro, com bancos conglomeráticos; a estratificação é cruzada e muito irregular e a cor sempre amarela; o arenito e a matriz arenosa dos conglomerados contêm muito feldspato, fresco ou caulinizado; o conglomerado pode ser friável, mas em alguns locais mostra-se bastante silicificado.

Braun (op.cit.) observa perfeita identidade litológica desta formação com a Formação Tacaratu e admite também tratar-se da extensão da Formação Serra Grande; adota o nome Tacaratu, em lugar de Cariri, e a considera do Devoniano Inferior.

Veiga (op.cit.) e Caldasso (op.cit.) mapearam esta unidade e a designaram de Formação Mauriti e Cariri, respectivamente, considerando-a provavelmente do Devoniano Inferior. Mencionaram a presença de estratificação cruzada irregular, fraturas, falhas e fortes mergulhos; o contato superior com os sedimentos mais novos e inferior com o embasamento cristalino, é marcado por discordância angular e erosiva.

Na área mapeada encontrou-se um arenito conglomerático que pelas suas características litológicas e posicionamento estratigráfico, supõe tratar-se da Formação Cariri. Os afloramentos são encontrados na quadrícula de Santana do Cariri - dentro das seguintes folhas: Santa Fé, Caldeirão, Nova Olinda e Serra das Cacimbinhas. Na Folha de Santa Fé existem afloramentos nas margens do riacho Fábrica a cerca de 2,5 km ao norte da vila de Santa Fé, em linha reta. Nas folhas de Nova Olinda e Serra das Cacimbinhas, aflora nas imediações daquela e ao longo da estrada que segue para oeste até o povoado de

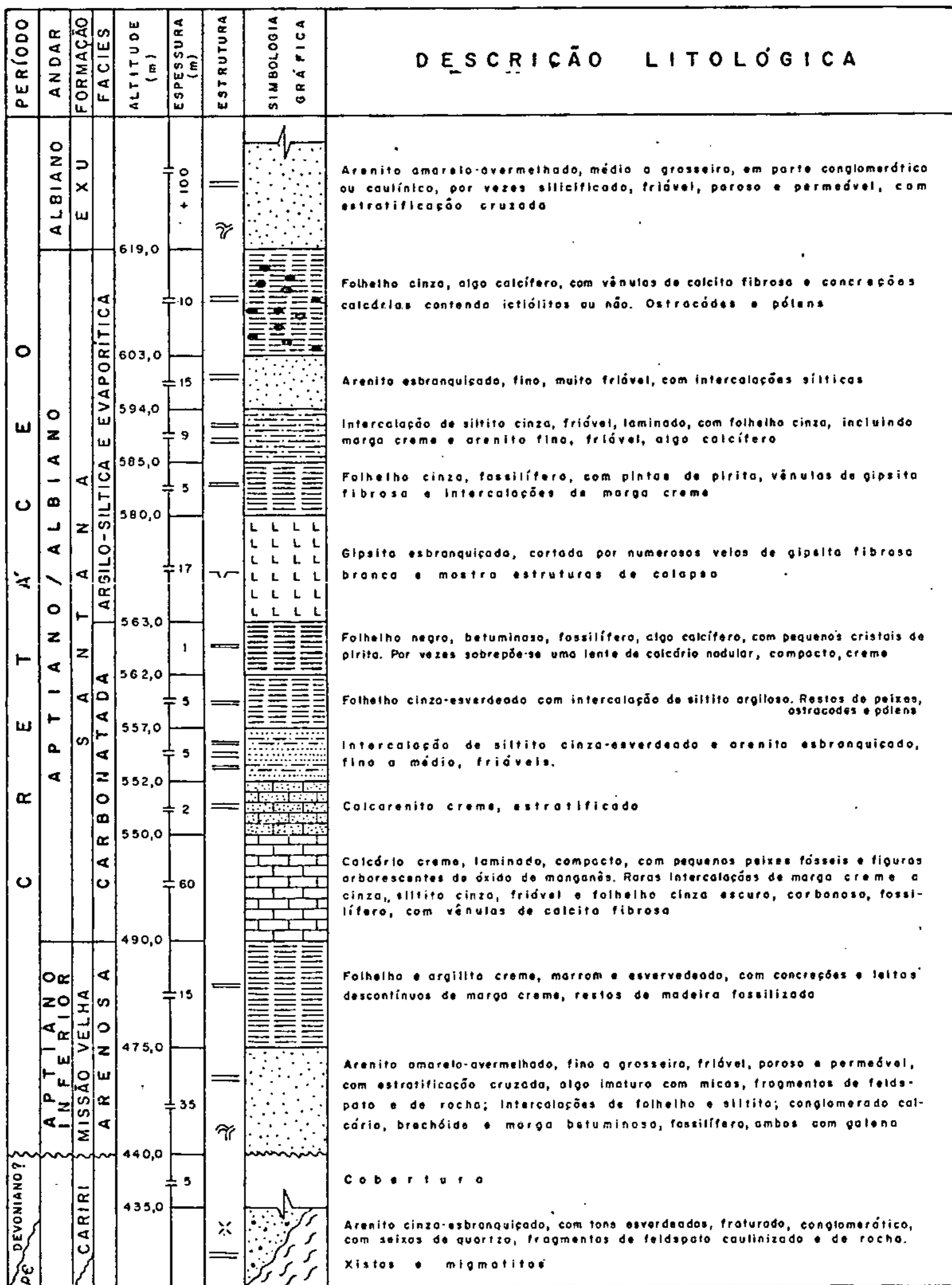
CONVENÇÕES DAS ESTRUTURAS SEDIMENTARES
REPRESENTADAS NAS COLUNAS LITOESTRATIGRÁFICAS

(figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 18 e 19)

- == Laminação paralela
- ≈ Marcas ondulares
- ≠ Estratificação cruzada
- ⊘ Estrutura homogênea
- ≡ Estratificação plano-paralela
- × Aleitamento irregular
- ∞ Seixos de argilas
- ∞ Laminação convoluta
- ∩ Estrutura de carga
- ∩ Estrutura de colapso

COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA TÍPICA DA ÁREA MAPEADA NA QUADRÍCULA DE SANTANA DO CARIRI (SB.24-Y-D-II)

ESCALA	FIGURA
1:100	6



Boa Vista. O contato inferior é sempre com o embasamento cristalino e o contato superior com os sedimentos mais novos sempre encobertos (fig.5). Na folha Serra das Cachimbinhas é separado da facies carbonatada da Formação Santana (Ksc) pelas aluviões do rio Carius. Na folha de Nova Olinda sobrepo-se ao arenito conglomerático a facies arenosa da Formação Missão Velha (Kmva) a leste e a facies carbonatada da Formação Santana a oeste. Nas folhas de Caldeirão e Santa Fé o contato superior se faz com a facies arenosa da Formação Missão Velha.

O arenito é cinza esbranquiçado a avermelhado, com tons e manchas esverdeadas, conglomerático, com seixos arredondados de quartzo que atingem até 10 centímetros de diâmetro; por vezes ocorrem seixos de argilito ou filito cinza-esverdeado; contém numerosas fraturas e estratificação cruzada grande e irregular; apresenta-se semi-friável, mal classificado e selecionado, imaturo, com fragmentos de feldspato branco e róseo, alterado e caulinizado.

3.4 - Formação Missão Velha

3.4.1 - Unidade Inferior (Kmvi)

Essa designação se restringe na área mapeada, ao mesmo pacote de arenito que ocorre imediatamente abaixo da facies arenosa e corresponde a Formação Missão Velha de Beurlen (1963), [excetuando a parte superior que encerra intercalações de folhelho, siltito, calcarenito, margas betuminosas e conglomerado calcário.] Aquela autor considerou a formação como pertencente ao Neocomiano e Braun (op.cit.) chamou de Formação Sergi, datando do Purbeckiano, baseado sobretudo nos troncos fósseis que também são encontrados naquela unidade da bacia do Recôncavo. Na área mapeada a unidade aflora apenas na extremidade oriental da bacia, nas quadrículas de Crato e Jardim; para oeste daquelas quadrículas a unidade provavelmente não foi depositada.

da . As cidades de Crato, Barbalha, Juazeiro do Norte, Missão Velha, Abaiara e Porteiras, todas no Estado do Ceará, estão as sentadas sobre a unidade inferior da Formação Missão Velha.

Litologicamente o arenito tem coloração amarela a avermelhada, granulação média a grosseira, com estratificação-cruzada tipicamente fluvial (vide foto 1) e plano-paralela. Em superfície, apresenta-se friável, poroso e permeável; algo ima turo, com micas, destacando-se a muscovita em palhetas milimétricas, fragmentos de feldspato róseo, em parte alterado e cau linizado, e fragmentos de rocha de aspecto gnáissico. Ocorrem esporádicos níveis sílticos e argilosos. Esses últimos chegam as vezes a constituir verdadeiros depósitos, como é o caso da jazida de argilas do sítio Cafundó, município de Crato, que é lavrada para suprir a indústria cerâmica daquela cidade. São argilas de cor marrom clara, semi-compactada, em parte laminada, com pequenas manchas brancas e listras brancas paralelas a laminação; a rocha exibe um sistema de juntas.

Na quadrícula de Crato, a noroeste da cidade homônima, e na quadrícula de Jardim, ao sul da cidade de Porteiras, a unidade inferior da Formação Missão Velha repousa diretamente sobre o Embasamento Cristalino. Quando seu contato basal é feito com a Formação Cariri, as duas unidades são diferenciáveis por esta última conter silicificações indicativas de hiato de sedimentação (Beurlen, 1963).

Esta unidade e a que lhe é sobreposta (facies arenosa) constituem o registro de um ciclo fluvial, refletido nas características litológicas. Da base para o topo, nos arenitos avermelhados, aumenta a frequência de intercalações de clás ticos finos, caracterizando o fechamento deste ciclo.

3.4.2 - Facies Arenosa (Knva)

Essa unidade corresponde a parte superior da Formação Missão Velha de Beurlen (1953) e da mesma forma a parte superior da Formação Sergi, segundo Braun (op.cit.).

A área de distribuição da facies arenosa está restrita ao setor nordeste da bacia, tendo maior representação na quadrícula de Crato. Nas quadrículas de Santana do Cariri e de Jardim estende-se um pouco mais para oeste do que a unidade inferior da Formação Missão Velha, acompanhando o contorno da chapada do Araripe. Ao norte da chapada, a extremidade ocidental da unidade se encontra ao sul e a sudoeste da cidade de Nova Olinda e ao sul da chapada, termina no limite oeste da folha de Jardim Mirim.

A unidade apresenta um relevo de depressão ondulado, formado por colinas estreitas e alongadas, de flancos erodidos e dissecados, com aspecto ruiforme. Seu contato basal com a unidade inferior da Formação Missão Velha é transicional, de delimitação difícil e sem qualquer evidência de discordância; pode ser observado nos municípios de Crato, Barbalha, Missão Velha, Abaiara e Porteiras, todos no Estado do Ceará. Nas folhas de Santa Fé, Caldeirão e Nova Olinda, são os únicos locais em que a facies arenosa está em contato com a Formação Cariri e com as rochas do Precambriano. Ao sul da chapada, na folha de Jardim Mirim, existe um pequeno setor em que esta facies repousa discordantemente sobre os xistos do embasamento cristalino. O contato superior é sempre com a facies carbonata

da da Formação Santana, passando bruscamente de clásticos fi nos, folhelhos e siltitos , para os calcários pertencentes - aquela facies.

Na quadrícula de Crato a facies arenosa apresenta as maiores espessuras, larguras e extensão aflorantes. A área ti po se estende por cerca de 100 quilômetros lineares bordejando a chapada e tendo como municípios extremos Crato e Porteiras . Entre as seções-tipo e de referência destacam-se as seguintes: riachos da Encruzilhada e Salobro, ambos na folha SB.24-Y-D-III-4-NE, riacho Olho d'Água do Milho folha SB.24-Y-D-III-4-SE, riacho Carrancudo folha SB.24-Y-D-III-4-SO, riacho do Saco a sudoeste da cidade de Barbalha (folha SB.24-Y-D-III-3-NE), e riacho Fundão a oeste da cidade de Crato, na folha SB.24-Y-D-III-1-SO (vide fig. 7,8,9,10,11 e 12). A potência máxima dessa facies é de 140 metros, encontrada no perfil do riacho do Saco (fig. 11). Como esta facies é largamente encontrada ao norte da chapada, entre os municípios de Crato e Abaiara, e ao sul nos municípios de Porteiras e Jardim, deduz-se que a referida facies tenha continuidade por baixo da chapada, por uma extensão norte-sul da ordem de 25 quilômetros.

A facies arenosa se reveste da maior importância por que encerra a zona mineralizada em sulfetos metálicos, objeto precípuo desse trabalho. A facies constitui-se de um arenito avermelhado, por vezes cinza esbranquiçado e amarelado, de gra nulação fina a média, ocorrendo níveis grosseiros e conglomerá ticos. Esses níveis apresentam seixos de quartzo geralmente - com boa esfericidade, seixos achatados de folhelho ou argilito, micas, fragmentos de feldspato e de rocha. Os seixos de folhe lho ou argilito são esverdeados, ovóides, atingindo até 15 cen tímetros de diâmetro. O feldspato quando fresco é róseo ou esbranquiçado, mas via de regra se apresenta alterado, sob a

COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA DA SEÇÃO MEDIDA NO RIACHO DA ENCRUZILHADA, SERRA DO MÃOZINHA-MUNICÍPIO DE ABAIARA-CEARA'

F O L H A	E S C A L A	F I G U R A
ABAIARA-SB.24-Y-D-III-4-NE	1 : 100	7

PERÍODO	ANDAR	FORMAÇÃO	FACIES	ALTITUDE (m)	ESPESSURA (m)	ESTRUTURA	SIMBOLOGIA GRÁFICA	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA
C R E T Á C E O	APTIANO / ALBIANO	SANTANA	CARBONATADA	625,6	4			Calcário creme, laminado, muito duro; intercalações de margo betuminosa, fossilífera e laminado.
				621,6	3			Arenite creme, fino, friável, algo calcífero, rica em muscovita
				618,6	2			Folhelho cinza a avermelhado, algo calcífero
				616,6	2			Margo cinza, laminado, com muscovita
				614,6	8			Cobertura
				606,6	2			Arenite amarelado, fino, friável, com muscovita e intercalação lenticular de calcarenite
				604,8	6			Cobertura
				598,6	4			Siltite avermelhada a cinza esverdeado, laminado, friável, com muscovita
				594,6	3			Arenite cinza, fino, friável, com estratificação fina e ondulada
				591,6	1			Siltite avermelhada a cinza esverdeado, laminado, friável, com muscovita
	APTIANO INFERIOR	MISÃO	ARENOSA	590,6	3			Arenite cinza a creme, fino, com pintas de muscovita, estratificação cruzada e bolas de calcarenite muito dura, recristalizado
				587,6	7			Cobertura
				580,6	4			Siltite avermelhada, laminado, friável, com muscovita
				576,6	3			Cobertura
				573,6	2			Siltite cinza, laminado, com pintas de muscovita, friável
				571,6	4			Arenite creme, fino, friável, com pintas de muscovita e de caulim e grandes bolas (até 1m. de diâmetro) de calcarenite muito dura
				567,6	2			Folhelho marrom, fossilífero
				565,6	0,4			Conglomerado calcário, brechóide, creme, com leitos betuminosos
				565,2	0,2			Margo negro, betuminosa, laminação ondulada, pisólitos de calcário, ostracodes e pólenes
				565,0	2			Folhelho cinza, com pequenas concreções calcárias, pirita e lâminas de selanita
NEOC.?	UN. INF.			563,0	5			Cobertura
				558,0	17			Siltite argiloso, avermelhado, calcífero, laminado, friável, com muscovita
				541,0	10			Arenite esbranquiçado, fino, friável, estratificação cruzada, com delgadas, níveis discordantes de calcarenite, intercalações de siltite cinza-esverdeado e seixos argilosos e pintas esbranquiçadas de caulim
				531,0	3			Arenite rósea, friável, médio, com estratificação cruzada
				528,0	5			Cobertura
				523,0	+ 100			Arenite amarelo-avermelhado, médio a grosseiro, com estratificação cruzada, friável, poroso e permeável, algo imaturo com micas, fragmentos de feldspato e de rocha; esporádicos níveis silticos e argilosos

COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA DA SEÇÃO MEDIDA NO RIACHO SALOBRO, SERRA DO MÃOZINHA - MUNICÍPIO DE ABAIARA - CEARÁ

F O L H A	E S C A L A	F I G U R A
ABAIARA-SB.24-Y-D-III-4-NE	1 : 100	8

PERÍODO	ANDAR	FORMAÇÃO	FACIES	ALTITUDE (m)	ESPESSURA (m)	ESTRUTURA	SIMBOLOGIA GRÁFICA	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA
C R E T Á C E O	APTIANO / ALBIANO	SANTANA	CARBONATADA	646,0	4			Cobertura
				642,0	0,5			Calcário creme, laminado, muito duro
C R E T Á C E O	APTIANO INFERIOR	MISSÃO VELOSA	ARENOSA	641,5	3,5			Calcário negro, carbonoso, decomposto, fossilífero
				638,0	7			Calcário cor de mel, de hábito celular cavernoso
				631,0	1			Siltito cinza, argiloso, laminado, friável, rico em muscovita
				630,0	1			Folhelho roxeado, siltico
				620,0	10			Cobertura
				614,0	6			Calcário creme, laminado, duro
				608,0	6			Calcarenito creme, friável, com pintas de muscovita
				606,0	2			Calcário creme, laminado, muito duro
				600,0	6			Arenito marron, fino, friável, com pintas de muscovita
				598,0	2			Folhelho cinza, siltico
				584,0	14			Siltito argiloso avermelhado, com muscovita
				575,0	9			Arenito marron amarelado, fino, friável, com grandes bolas de calcarenito muito duro
				574,6	0,4			Marga negra, betuminosa, laminação ondulada, com olhos e pisólitos de calcário e cristais de galena
				573,6	1			Folhelho cinza, mole, fossilífero
				570,6	3			Siltito argiloso marron, friável, laminado
				566,6	4			Cobertura
				561,6	5			Siltito argiloso cinza e amarronzado, friável, laminado
				C R E T Á C E O	APTIANO INFERIOR	MISSÃO VELOSA	ARENOSA	560,6
558,6	2							Folhelho cinza e amarelado, mole
558,1	0,5							Conglomerado calcário creme, brechóide com lâminas betuminosas e cristais de galena
557,9	0,2							Marga betuminosa, negra, laminação ondulada, fossilífera, olhos e pisólitos de calcário
555,9	2							Folhelho cinza, mole
536,9	19							Siltito argiloso esverdeado a roxeado, friável, com lâminas de selenita
512,9	24							Arenito cinza esbranquiçado, médio, friável, imaturo com feldspato alterado, muscovita, grandes bolas de calcarenito muito duro e intercalações silticas
UN. INF.				100			Arenito amarelo-avermelhado, médio a grosseira, com estratificação cruzada, friável, poroso e permeável, algo imaturo com micas, fragmentos de feldspato e de rocha	

COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA DA SEÇÃO MEDIDA NO RIACHO OLHO D'ÁGUA DO MILHO, SÍTIO SÃO FELIPE - MUNICÍPIO DE BREJO SANTO - CEARÁ

F O L H A	E S C A L A	F I G U R A
SÃO FELIPE - SB.24-Y-D-III-4-SE	1 : 100	9

PERÍODO	ANDAR	FORMAÇÃO	FACIES	ALTITUDE (m)	ESPESSURA (m)	ESTRUTURA	SIMBOLOGIA GRÁFICA	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA
CRETÁCIO	APTIANO INFERIOR	MISSÃO VELHA	ARENOSA	595,0	3			Siltito argiloso, avermelhado, friável, com muscovita.
				592,0	3			Siltito cinza esverdeado, laminado, friável, com bolas de calcarenito
				589,0	5			Arenito cinza, fino, friável, com muscovita
				584,0	9			Arenito amarelado, grosseiro, friável, imaturo, mal classificado com feldspato alterado, micas, seixos de quartzo
				575,0	5			Siltito creme, laminado, friável
				570,0	2			Arenito amarelado, fino, friável
				568,0	5			Siltito creme, laminado, friável
				563,0	7			Arenito amarelado, fino, com delgadas níveis de óxido de ferro
				556,0	6			Folhelho cinza o roxeado
				550,0	0.3			Conglomerado calcário creme, nodular, com gofeno
				549,7	1			Folhelho cinza escura, fossilífero
				548,7	2			Siltito cinza, laminado, friável, algo calcífero
				546,7	7			Cobertura
				539,7	4			Siltito roxeado a esverdeado, laminado, em parte calcífero, com muscovita e friável
				535,7	2			Folhelho roxeado, calcífero, com teitos sílticos
				533,7	8			Cobertura
				525,7	16			Arenito avermelhado, médio, friável, imaturo com fragmentos de feldspato caulinizado, seixos de quartzo e de folhelho e grandes bolas de calcarenito muito duro
				509,7	5			Cobertura
				504,7	5			Arenito esbranquiçado a amarelado, médio, friável, mal classificado, imaturo com feldspato alterado, biotita, muscovita, seixos de quartzo
				499,7				Arenito amarelo-avermelhado, médio a grosseiro, com estratificação cruzada, friável, poroso e permeável, algo imaturo com micas, fragmentos de feldspato alterado e de rocha.

COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA DA SEÇÃO MEDIDA NO RIACHO CARRANCUDO - MUNICÍPIO DE MISSÃO VELHA - CEARÁ

F O L H A	E S C A L A	F I G U R A
JAMACARU-SB.24-Y-D-III-4-SO	1 : 100	10

PERÍODO	ANDAR	FORMAÇÃO	FACIES	ALTITUDE (m)	ESPESSURA (m)	ESTRUTURA	SIMBOLOGIA GRÁFICA	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA
C R E T Á C E O	APTIANO / ALBIANO	SANTANA	ARGILO-SILTÍCA E EVAPORÍTICA	681,0	3			Cobertura
				678,0	3			Arenito cinza a amarelado, médio, algo calcífero, imaturo, com fragmentos de feldspato alterado
				675,0	2			Cobertura
				673,0	1			Marga esverdeada com intercalações de folhelho cinza, fossilífero
				672,0	2			Folhelho cinza, mole
				670,0	2			Gipsito esbranquiçada, maciça, com estrutura de colapso no topo e na base
				667,0	3			Cobertura
				662,0	5			Folhelho cinza, algo calcífero
				658,0	4			Calcário cinza a creme, laminado, com intercalações de folhelho cinza calcífero
				653,0	5			Siltito cinza escuro, laminado, friável
	650,0	3			Cobertura			
	640,0	10			Intercalação de calcário creme, laminado, duro e folhelho cinza, algo calcífero			
	638,0	2			Siltito cinza, calcífero, laminado, friável			
	636,0	2			Marga cinza, finamente fraturada			
	614,0	22			Calcário creme, laminado, muito duro, com suaves ondulações. Ostracodes e pólen			
	598,0	18			Cobertura			
	594,0	2			Siltito cinza, friável			
	577,0	17			Intercalação de arenito fino e siltito, avermelhados. Ondulações simétricas e dobras convolutas			
	566,0	11			Arenito avermelhado, médio, imaturo, com grandes bolas de calcarenito muito duro			
	546,0	20			Arenito avermelhado, médio, friável, rico em muscovita, com delgados níveis de calcarenito, imaturo, com fragmentos de rocha gnássica e feldspato alterado, seixos de quartzo e de siltito creme			
NEOC.?	APTIANO INFERIOR	MISSÃO VELHA	ARENOSA	544,0	2			Folhelho cinza, mole
				543,8	3			Marga negra, betuminosa, laminação ondulada, com pisólitos de calcário, cristais de galena, ostracodes e pólen
				541,8	2			Folhelho cinza, mole
				539,8	2			Siltito amarelado com intercalações de folhelho
				451,8	88			Arenito amarelo-avermelhado, médio, com leitos de siltito argiloso, delgados níveis ferruginosos; imaturo, com manchas brancas caulínicas
UN. INF.				451,8	+ 100		Arenito amarelo-avermelhado, médio a grosseiro, com estratificação cruzada, friável, poroso e permeável, algo imaturo com miccas, seixos ovóides de argilito, fragmentos de feldspato e de rocha; esporádicos níveis silticos e argilosos	

COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA DA SEÇÃO MEDIDA NO RIACHO DO SACO-SÍTIO CORRENTINHO - MUNICÍPIO DE BARBALHA CEARÁ

F O L H A	E S C A L A	F I G U R A
ARAJARA BARBALHA - SB.24-Y-D-III-3-NOe3-NE	1 : 2 0 0	II

PERÍODO	ANDAR	FORMAÇÃO	FACIES	ALTITUDE (m)	ESPESSURA (m)	ESTRUTURA	SIMBOLOGIA GRÁFICA	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA
C R E T Á C E O	APTIANO/ ALBIANO	SANTANA	CARBONATADA	547,0	4			Calcário creme, laminado, muito duro, com delgadas intercalações de folhelho calcífero cinza
				543,0	12			Cobertura
				531,0	3			Siltito cinza, laminado, com pintas de muscovita
				528,0	13			Cobertura
				515,0	2			Folhelho cinza, esverdeado a avermelhado
				513,0	4			Arenito cinza, fino, com seixos de folhelho
				509,0	3			Cobertura
				506,0	3			Siltito avermelhado, argiloso, decomposto
				503,0	2			Siltito cinza a amarelado, friável
				501,0	4			Arenito cinza-amarelado a esbranquiçado, fino, friável
				497,0	4			Arenito cinza a amarelado, fino, com leitos de óxido de ferro
				493,0	5			Arenito cinza a amarelado, médio, friável, com leitos de óxido de ferro e de folhelho siltico avermelhado
				482,0	3			Arenito cinza a amarelado, fino, friável
				479,0	3			Cobertura
				476,0	3			Arenito amarelado, médio, friável, imaturo, com delgadas níveis conglomerádicos com fragmentos de feldspato róseo, muscovita, pintas caulínicas e seixos de quartzo
				473,0	5			Arenito cinza a amarelado, fino, friável, com manchas caulínicas
				468,0	3			Cobertura
				465,0	4			Arenito cinza, grosseiro a conglomerádico, com fragmentos de racho e feldspato caulinizado e seixos de quartzo e folhelho
				461,0	2			Cobertura
				459,0	3			Arenito cinza, grosseiro, friável, imaturo
				458,0	5			Cobertura
				451,0	4			○ Conglomerado calcário creme, muito duro, com leitos betuminosos e cristais de gádena
				450,3	3			+ Marga negra, betuminosa, laminação ondulada e pisólitos de calcário, ostracodas e pólens
			446,3	3	Folhelho cinza, calcífero, mole, com conchostráceos e pólens			
			443,3	3	Cobertura			
			435,3	6	Arenito cinza, fino, com níveis silticos e argilosos, friável, imaturo			
			421,3	14	Siltito cinza, laminado, algo calcífero, friável			
			401,3	20	Arenito cinza, fino a médio, friável, imaturo, com muscovita; níveis silticos e argilosos			
			+ 100		Arenito amarelo-avermelhado, médio a grosseiro, com estratificação cruzado, friável, poroso e permeável, algo imaturo com micas, fragmentos de feldspato e de rocha			

**COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA DA SEÇÃO MEDIDA NO RIACHO FUN-
DÃO - MUNICÍPIO DE CRATO - CEARÁ**

F O L H A	E S C A L A	F I G U R A
ARAJARA-CRATO SB.24-Y-D-III-3-NQ e 1-SQ	1 : 200	12

PERÍODO	ANDAR	FORMAÇÃO	FACIES	ALTITUDE (m)	ESPESSURA (m)	ESTRUTURA	SIMBOLOGIA GRÁFICA	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA
C R E T Á C E O	APTIANO / ALBIANO	SANTANA	ARGILO-SÍLTICA	670,0	10			Folhelho cinza, algo calcífero, com concreções calcárias contendo ictiolitos
				660,0	20			Cobertura
				640,0	10			Arenito creme a cinza, fino a médio, friável.
				630,0	3			Siltito cinza esverdeado, laminado, friável.
				627,0	6			Cobertura.
				621,0	2			Calcarenito cinza, friável.
				619,0	5			Siltito cinza esverdeado, laminado, friável.
				614,0	15			Cobertura.
				599,0	1			Marga negra, betuminosa, laminada, com ostrocóides e pólenes, e vênulas de gipsito fibroso
				598,0	2			Marga cinza esverdeada, laminada.
				597,0	4			Cobertura.
				593,0	8			Calcário creme, laminado, duro, com delgada nível (0,20m) de marga negra betuminosa, laminado e alterado.
				585,0	9			Siltito creme a cinza, laminado, com muscovita e massas pirritosas.
				576,0	4			Cobertura.
				572,0	7			Folhelho cinza, calcífero, rico em muscovita.
				565,0	2			Marga cinza esverdeada, fossilífera com molusco, ostracóides e pólenes.
				563,0	4			Calcário creme, laminado, muito duro, com raras pequenas fósseis de peixes
				559,0	1			Folhelho cinza, calcífero, com concreções de marga creme.
				558,0	4			Calcário creme, laminado com intercalações de folhelho cinza.
				554,0	4			Folhelho cinza esverdeado, em parte calcífero.
				550,0	2			Calcário creme, laminado, muito duro.
				548,0	5			Folhelho cinza, algo calcífero.
				543,0	14			Calcário creme, laminado, muito duro.
				529,0	2			Folhelho cinza, em parte calcífero.
				527,0	5			Siltito cinza escuro com intercalações de folhelho cinza.
				522,0	10			Folhelho cinza, em parte calcífero.
				512,0	2			Arenito esbranquiçado, fino, caulítico, friável.
				510,0	7			Siltito marrom, laminado.
				503,0	10			Arenito avermelhado, médio, friável, imaturo.
				493,0	4			Folhelho marrom com intercalações de siltito avermelhado.
				489,0	20			Arenito avermelhado, médio, imaturo, poroso, friável.
				469,0	1			Folhelho cinza escuro, mole.
				468,0	2			Arenito conglomerático, avermelhado, friável, imaturo com fragmentos de feldspato e seixos de quartzo.
				466,0	4			Folhelho cinza, mole
462,0	0,3		Conglomerado calcário creme, brechóide, compacto, com leitos betuminosos, com cristais de galena, ostracóides e pólenes					
461,7	0,5		Marga negra, betuminosa, laminação ondulada, com pisólitos de calcário, cristais de galena, ostracóides e pólenes.					
461,2	1		Folhelho cinza esverdeado, mole.					
460,2	10		Arenito avermelhado a cinza, médio, imaturo, friável, com intercalações silticas avermelhadas e níveis discordantes de calcarenito estratificado.					
450,2	34		Arenito avermelhado, médio, friável, imaturo com micas, fragmentos de feldspato alterado e de rocha, seixos ovóides de folhelho e intercalações silticas com muscovita.					
416,2			Arenito amarelo avermelhado, médio a grosseiro, com estratificação cruzada, friável, poroso e permeável, algo imaturo com micas, fragmentos de feldspato e de rocha					

forma de caulim, originando pequenas massas esbranquiçadas. Em superfície, o arenito mostra-se sempre friável, poroso e permeável; não fossilífero e em vários locais é imaturo, mal classificado e mal selecionado; exhibe estratificação cruzada pequena e grande (vide fotos 2 e 3) tipicamente fluvial, e plano-paralela. Nota-se com relativa frequência delgados leitos irregulares formados por material areno-ferruginoso de cor avermelhada a marrom escura. Em algumas seções o arenito apresenta verdadeiras bolas de calcarenito creme a cinza claro, muito duro, de granulação fina, que atinge até 1 metro de diâmetro (vide foto 4). Ao microscópio, a rocha é constituída de cristais clásticos mais ou menos bem selecionados, dispersos numa mesóstase de calcita. Os clásticos são quartzo, plagioclásio e microclina, angulosos e subangulosos, de granulação muito fina (0,07-0,13 mm), dispersos num cimento exclusivamente carbonático com pontuações de opacos. O quartzo às vezes mostra extinção ondulante e os cristais de plagioclásio e microclina estão geminados e inalterados. Presença de algumas lamelas de clorita, biotita e muscovita, e como acessórios ocorrem grãos de zircão, diminutos cristais de opacos e raros cristais de turmalina.

O arenito contém numerosas intercalações de siltito e folhelho, de espessura variável. Em menor quantidade existem também intercalações de calcarenito, conglomerado calcário de aspecto brechóide e marga betuminosa. Essas duas últimas rochas constituem a zona mineralizada em sulfetos e sua descrição detalhada é apresentada no capítulo 6 deste relatório. Para o topo da facies arenosa predominam clásticos finos, siltitos e folhelhos. O siltito tem coloração cinza a avermelhada, friável, poroso e permeável, com estratificação fina plano-paralela e cruzada e geralmente contém lamelas milimétricas

tricas de muscovita. O folhelho é geralmente de cor cinza escura a cinza esverdeada e as vezes avermelhada; provavelmente produto de alteração. A rocha é pouco consistente e via de regra fossilífera com ostracodes e pólenes. O calcarenito é creme a cinza esverdeado, e mostra-se em delgados níveis descontínuos, por vezes apresentando leitos com estratificação cruzada entre os bancos horizontalizados de arenito.

No perfil do riacho Carrancudo, encontrou-se no arenito troncos de madeira fossilizada, impregnada de material calcífero. No perfil do riacho do Bode, município de Crato, próximo do contato superior da facies arenosa ocorre um siltito, em parte calcífero, contendo numerosos fragmentos de madeira fossilizada, negra, carbonizada.

Os caracteres distintivos entre esta facies e a unidade inferior da Formação Missão Velha são a frequência de intercalações sílticas e argilosas as quais vão se escasseando para base e a presença de níveis betuminosos. Com relação ao limite superior da facies, ele é bem marcado, de vez que passa bruscamente de sedimentos argilo-sílticos para os sedimentos carbonatados da facies sobrejacente.

Na folha de Nova Olinda a facies arenosa é representada principalmente por um horizonte de argilito, em parte laminado, com espessura da ordem de 15 metros, repousando em discordância sobre a Formação Cariri. Porém, tendo em vista o posicionamento estratigráfico desse horizonte, aliado ao fato de o mesmo não ter sido encontrado noutras localidades no domínio da facies arenosa, não se exclui a possibilidade de o

referido horizonte fazer parte de um testemunho isolado e preservado da Formação Brejo Santo mapeada por Veiga (op.cit.) e Caldasso (op.cit.) e designada por Formação Aliança por Braun (op.cit.), de acordo com a definição desses autores. O folhelho e argilito são amarronzados a esverdeados, não calcíferos, pouco consistentes, superficialmente negros, pela presença de óxidos de ferro e manganês, encerrando lentes de calcário margoso creme, compacto, com comprimento variando de 0,30-1,0 metro e espessura de 5-20 centímetros, e concreções calcárias de dimensões diversas. É comum a ocorrência de seixos ou blocos ' parecidos com troncos de madeira fossilizada com fibras radiais carbonatadas. Afloramentos podem ser observados na mina de argilas da Norguaçu e a cerca de 3 quilômetros da cidade de Nova Olinda na margem da estrada para Santana do Cariri (vide folha SB.24-Y-D-II-2-NO, anexa).

3.5 - Formação Santana

3.5.1 - Facies Carbonatada (Ksc)

A unidade é equivalente a Formação Crato de Beurlen (1963) e foi chamada de facies carbonatada porque se constitui principalmente de calcário o qual encerra numerosas intercalações de folhelho (vide foto 5), siltito, mais ou menos calciferos, marga e calcarenito. Distingue-se da facies arenosa subjacente pelo caráter litológico, e da facies sobrejacente porque esta se inicia por uma camada de gipsita e na falta do evaporito por uma sequência variada de folhelho, siltito e marga. Do ponto de vista litológico, os contatos superior e inferior são bruscos e sem qualquer evidência de discordância, ocorrendo provavelmente apenas diastemas locais.

A facies carbonatada é muito bem representada na parte norte da chapada, distribuindo-se amplamente nos municíos

pios de Santana do Cariri, Nova Olinda, Crato, Barbalha, Missão Velha, Abaiara e Porteiras, repousando sobre a facies arenosa. Em Pernambuco, parte sul da chapada, não foram encontrados afloramentos, porém, sabe-se da sua existência em subsuperfície por ter sido observada em duas cacimbas no município de Ipubi e em testemunho de furos de sonda. Do lado do Piauí, a facies ocorre apenas no município de Simões, formando "ilhas" isoladas, preenchendo depressões do embasamento cristalino e em contato discordante com o mesmo (vide folhas SB.24-Y-C-VI-4-NO, 3-NE e 4-NE). Na quadrícula de Jardim, nas folhas Cedro, Perta da Hora e Trempe a facies repousa em discordância sobre rochas do Embasamento Cristalino.

Nos municípios de Crato e Santana do Cariri apresenta um relevo de colinas alongadas de topo plano e flancos escarpados, verticais, com 5-30 metros de altura. A unidade é formada por um calcário micrítico, laminado, geralmente de cor creme, mas em alguns locais tem cor cinza ou marrom enfeijado; as lâminas com 1 milímetro de espessura, são paralelas e horizontais. Por vezes encontra-se entre as lâminas esqueletos de peixes fósseis que atingem até 10 centímetros de comprimento. Comumente ocorrem figuras estelares e dendritos de óxidos de manganês. Esta rocha é a mais dura e consistente entre todos os sedimentos mapeados e por causa disso forma sempre várias cachoeiras ao longo dos rios (vide foto 6), cujos desníveis se elevam até 20 metros. As intercalações vão se escasseando para oeste, de modo que na quadrícula de Santana do Cariri existem enormes depósitos aflorantes de calcário quase puro, com espessura máxima da ordem de 60 metros; é nessa quadrícula que a facies tem a maior largura de afloramento. Em alguns lugares a camada de calcário pode apresentar suaves ondula

lações, estruturas de colapso, brecha sedimentar com geodos de calcita hialina; juntas paralelas e verticais de direção E-W, e zonas de bioturbação. A intercalação mais frequente consta de níveis de espessura variável de folhelho de cor cinza, em parte avermelhado, fossilífero, calcífero e de fraca consistência. O siltito que ocorre nessa facies também se dispõe em níveis de potência variável, friáveis, mais ou menos calcíferos, laminados, de cor mais comum cinza, mas as vezes avermelhado; possuem palhetas milimétricas de muscovita e em alguns locais contêm massas piritosas. A margam e o calcarenito têm cores cinza claro, creme e esverdeado, com estratificação fina e algo decompostos. A espessura máxima da facies é da ordem de 75 metros e se encontra entre os municípios de Crato e Missão Velha. Em algumas minas de gipsita das quadrículas de Santana do Cariri e de Ouricuri, bem como na seção geológica do riacho Fundão no município de Crato, a facies termina no topo com um folhelho negro, betuminoso, calcífero, fossilífero, com raras pintas de pirita, e espessura de 1,0 metro; o folhelho contém vênulas de calcita fibrosa branca, cujas fibras se dispõem perpendicularmente às paredes. Outros níveis betuminosos estão intercalados no calcário laminado como acontece na seção dos riachos da Encruzilhada e do Fundão. Neste último encontrou-se um tronco fóssil, fibroso, algo silicificado, com aspecto de linhito. Na seção do riacho do Segredo, município de Santana do Cariri, o calcário contém um nível, com 1 metro de espessura, de argilito negro, carbonoso, fossilífero, decomposto, com vênulas de calcita fibrosa branca. Neste mesmo município, em três localidades distintas, Mina Conceição Preta, sítio Casa de Pedra e perto do povoado de Brejo Grande, foram encontrados blocos "in situ" de celestita, formada por um agregado de cristais esbranquiçados a cinza, com diâmetro de até 1 centímetro;

os blocos situam-se próximos do contato superior da facies carbonatada e provavelmente fazem parte da mesma, sob a forma de lentes restritas. Nos riachos dos Bois e do Cumbe, folha de Jardim Mirim, foram encontrados blocos de calcário maciço, muito compacto, com veios de calcedônia cinza escura; talvez seja um nível pertencente a facies carbonatada.

3.5.2 - Facies Argilo-Síltica e Evaporítica (Ksa)

Essa facies corresponde a Formação Santana de Beur len (1963) onde o mesmo inclui, entre outros sedimentos, os calcários laminados, os quais através do mapeamento geológico realizado pelo Projeto, ocorrem quase que exclusivamente na facies carbonatada.

A facies tem a maior distribuição entre todas as demais, estendendo-se em torno da chapada pelos três Estados, Pernambuco, Piauí e Ceará. Nos dois primeiros Estados quase só aflora essa facies, repousando em discordância sobre o embasamento cristalino. Do lado norte o contato inferior é geralmente com a facies carbonatada. O contato superior é sempre encoberto pelo solo ou depósito de tálus, oriundo da erosão da escarpa do arenito que compõe a Formação Exu.

A unidade está situada num terreno em declive de encosta, cortado por grande número de riachos que nascem no sopé da escarpa da chapada do Araripe. Mas, na quadrícula de Ouricuri onde possui a maior largura de afloramento, ocorre num terreno aplainado. Do lado de Pernambuco e Piauí a facies não aflora em muitas áreas, mas pode ser bem delimitada pelas feições topográficas e de solo cinza, argiloso, com concreções calcárias e seixos de marga. A facies se inicia com um horizon

te descontínuo, de caráter lenticular, de gipsita. Segue-se para o topo um perfil muito variado de folhelhos, margas e siltitos. A gipsita está muito bem representada ao sul da chapada na quadrícula de Ouricuri, neste município e nos de Ipubi, Trindade e Araripina, onde atinge a espessura máxima de 30 metros (fig.13). Ao norte, ocorre na quadrícula de Santana do Cariri, no município homônimo, e na quadrícula de Crato, nos municípios de Crato, Barbalha, Missão Velha, Abaiara, Porteiras e Jardim. No Piauí existem vários depósitos no município de Simões. A maioria dos afloramentos são artificiais, situados nos cortes das minas(foto.10) e em escavações de pesquisa; as exposições naturais não têm expressão topográfica. A gipsita é esbranquiçada, com tons acinzentados e esverdeados, apresentando-se sob a forma de agregado de cristais por vezes bem desenvolvidos de gipsita, sendo comum a presença de veios anastomosados de gipsita fibrosa branca, cujas fibras têm disposição perpendicular às paredes (vide foto 7); a potência desses veios varia de 1-20 centímetros e em alguns locais as fibras estão encurvadas ou arqueadas, evidenciando deformações. A gipsita geralmente é maciça mas pode apresentar textura fibro-radial e estratificação irregular, com dobras convolutas(foto .8). Existe a gipsita pura ou de primeira e a impura ou de segunda; um tipo passa para o outro lateralmente e de maneira brusca, e a superfície de separação entre eles é irregular, reentrante e denteada. A gipsita impura contém mais veios de gipsita fibrosa do que no outro tipo e a impureza consiste unicamente de veios e buchos de argilas esverdeadas. Nas minas São Jorge e Papa Mel, no município de Trindade, e nas minas Sítio Barbosa, Buracão e São Severino, no município de Ipubi, a gipsita pura apresenta uma intercalação horizontal de argilito esverdeado, fossilífero, algo laminado, ao qual se sobrepõe um

leito de marga cinza esverdeado, fossilífero, com estratificação fina plano-paralela; o nível argilo-margoso tem espessura de 20-40 centímetros. Na mina Conceição Preta, no município de Santana do Cariri, é o único lugar em que a gipsita tem cor cinza escura. Nesta mina, na base do horizonte evaporítico ocorre um nível de celestita com potência estimada em 20 centímetros. Também em alguns depósitos existem veios de gipsita rósea próximo do contato superior do horizonte evaporítico. A camada de gipsita apresenta estruturas de colapso, ocasionando fendas abertas e irregulares que são preenchidas por material argiloso de origem secundária. Tais estruturas refletem-se nos sedimentos sotopostos e principalmente nos sobrepostos ao evaporito, nos quais se observam fraturas e dobras (vide foto 9). Admite-se que tais deformações tenham sido causadas pelo aumento do volume do evaporito, ao passar de anidrita para gipsita. Os contatos superior e inferior da gipsita são algo irregulares, reentrantes e denteados (vide foto 10) e lateralmente a camada parece terminar de maneira abrupta em vários locais.

Do lado de Pernambuco, parte sul da chapada, em alguns locais a gipsita apresenta na base uma camada de folhelho betuminoso, fossilífero (fig. 13) o qual também foi observado na parte norte da chapada o que evidencia a possibilidade da continuidade daquele nível por cerca de 170 quilômetros. Na ausência desse horizonte e do evaporito o contato inferior com a facies carbonatada é marcada pelo último nível de calcário laminado característico daquela facies. Sobrepondo-se a gipsita segue-se um perfil variado de folhelhos, margas e siltitos. O folhelho pode ser cinza ou avermelhado, em parte calcífero e fossilífero. O siltito cinza ou avermelhado, friável, em parte estratificado e calcífero. A marga geralmente em níveis descon

COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA TÍPICA DA ÁREA MAPEADA
NA QUADRÍCULA DE OURICURI (SB.24-Y-D-IV)

ESCALA	FIGURA
1:100	13

PERÍODO	ANDAR	FORMAÇÃO	FACIES	ALTITUDE (m)	ESPESSURA (m)	ESTRUTURA	SIMBOLOGIA GRÁFICA	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	
C R E T Á C E O	ALBIANO	E X U			+100			Arenito amarelo-avermelhado, médio a grosseiro, em parte conglomerático ou caulínico, por vezes silicificado, frível, poroso e permeável, com estratificação cruzada	
					?			Cobertura	
	A P T I A N O / A L B I A N O	S A N T A N A	A R G I L O - S I L T I C A E E V A P O R Í T I C A		609,0	15			Folhelho cinza, algo calcífero, com vênulas de calcita fibrosa e concreções calcárias contendo ictiólitos ou não, e níveis de margo creme
					594,0	3			Margo creme, laminado, com intercalações de folhelho cinza, fossilífero
					591,0	3			Folhelho cinza-esverdeado, algo calcífero e silício
					587,0	2			Arenito creme a amarelado, grosseiro a conglomerático, muito frível
					585,0	5			Siltito cinza a avermelhado, frível, em parte calcífero e argiloso
					580,0	30			Gipsito cinza-esbranquiçado, com zonas impuras argilosas cortadas por veios anastomosados de gipsito fibrosa branca. Lente de folhelho cinza-esverdeado e margo, com conchostráceos, ostracodes e pólenes
					550,0	1			Folhelho betuminoso, negro, calcífero, com restos de peixes, ostracodes e pólenes
					549,0	5			Siltito cinza-esverdeado, frível, laminado, algo calcífero
					544,0	?			Calcário creme, laminado, compacto
									Migmatitos e granitóides

tínuos e concreções, é creme a cinza-esverdeada, estratificada, ora consistente, ora semi-decomposta. Por vezes essa sequência inclui um arenito esbranquiçado a amarelado, fino a grosseiro, friável, raramente calcífero. Esse pacote possui espessura de 5-30 metros e imediatamente acima ocorre a camada mais fossilífera da sequência sedimentar do Araripe. Trata-se de um folhelho cinza escuro a esverdeado, pouco consistente, em parte calcífero, com espessura variável de 2-15 metros. Contém delgados níveis descontínuos de marga creme, vênulas centimétricas de calcita fibrosa branca e numerosas concreções calcárias creme, cinza e avermelhada. Muitas dessas concreções encerram ictiólitos bem preservados que atingem até 0,5 metro de comprimento; nas concreções também ocorrem fósseis menores, e o próprio folhelho é bastante fossilífero contendo principalmente pólenes, ostracóides, conchostráceos e restos de plantas. O estudo dessa rica fauna e flora será tratado em capítulo a parte, posto que, além do aspecto puramente acadêmico, tem grande importância para interpretação da paleogeografia, paleoambiente e idade dos sedimentos que formam a bacia sedimentar do Araripe. Existem concreções desprovidas de peixes fósseis, que aparentemente foram formadas em torno de um simples grão de areia ou de algum resto orgânico. Outras concreções encerram apenas geodas de calcita hialina tipo dente de cão. Comumente também são encontradas septárias, cujas rachaduras radiais podem ser preenchidas por calcita ou sílica. No município de Santana do Cariri foi encontrada uma concreção contendo um tronco de árvore de cor negra, carbonizado, com 30 centímetros de comprimento por 7 centímetros de largura; longitudinalmente às fibras e limitando o tronco existem veios de calcita branca; o veio que contorna o tronco mede 5 milímetros de largura. Esse horizonte de ictiólitos é muito bem representado nos municípios cearenses

de Santana do Cariri, Crato, Barbalha, Missão Velha, Abaiara, Brejo Santo, Porteiras e Jardim. No Piauí ocorre no município de Simões e mais raramente no de Fronteiras. Em Pernambuco não existem bons afloramentos, mas as concreções são encontradas sobre o solo e no leito dos riachos que nascem no sopé da chapada. Em virtude da fraca consistência do folhelho que encerra as concreções, é comum encontrá-las sobre o solo e nos riachos que drenam a facies argilo-síltica e evaporítica. Segue-se a esse horizonte uma sequência de folhelhos e siltitos de exposições restritas pelo recobrimento oriundo da erosão da escarpa da chapada. A espessura estimada dessa facies varia de 30-90 metros.

3.6 - Formação Exu (Ke)

Essa designação refere-se ao Arenito Superior de Small (op.cit.), a Formação Arajara de Moraes (op.cit.), a Formação Exu de Beurlen (1963) e a Formação Feira Nova de Anjos e Veiga (op.cit.).

A unidade é formada por um arenito que capeia a sequência sedimentar do Araripe, formando uma extensa chapada de topo sensivelmente plano, de direção leste-oeste. A espessura do arenito é considerável e muito variável em virtude do relevo irregular do embasamento cristalino. Entre Porteiras e Jardim pode atingir 240 metros; na área de Crato-Missão Velha alcança 280 metros; na região de Ouricuri é da ordem de 180 metros e em Simões cerca de 160 metros. Segundo Medeiros (1963), o furo de sonda executado na localidade de Dom Leme, município de Santana do Cariri, revelou uma espessura de 280 metros para o arenito. A chapada é delimitada por uma escarpa vertical de

contorno irregular que em certos locais se eleva a mais de 100 metros. Litologicamente trata-se de um arenito amarelado a avermelhado, de granulação média a grosseira, por vezes conglomerático com seixos arredondados e centimétricos de quartzo; partes onde a silicificação foi intensa, mas via de regra é friável, poroso e permeável; as vezes mostra manchas e níveis caulínicos impuros; a estratificação é plano-paralela e cruzada tipicamente fluvial; o arenito é horizontal, mas na extremidade de oriental tem um ligeiro mergulho (2°) para norte entre Crato e Missão Velha; no município de Simões, extremidade oeste da chapada, apresenta suaves ondulações e arqueamentos de grande amplitude (vide foto 11).

Ao norte da chapada, nas quadrículas de Crato e Santana do Cariri, o contato inferior dessa unidade se faz diretamente com a facies argilo-siltica e evaporítica, com exceção de uma pequena faixa da ordem de 4 quilômetros de extensão, situada a noroeste da cidade de Crato, onde a unidade jaz em discordância sobre um granito porfiróide. Na parte sul da chapada, no Estado de Pernambuco, a unidade repousa em grande parte sobre as rochas do Precambriano, mas na quadrícula de Ouricuri está assentada em sua maioria sobre a facies argilo-siltica e evaporítica. A oeste e a noroeste da chapada o limite inferior da Formação Exu se faz quase que inteiramente com as rochas do embasamento cristalino (vide mapa geológico integrado).

3.7 - Depósitos Cenozóicos

Na área em estudo existem quatro tipos de depósitos Cenozóicos, mas apenas dois foram mapeados, um designado genericamente como Czl e o outro se refere as aluviões quaternárias. Os outros dois tipos de depósitos, depósitos de tálus e

fanglomerado, não foram mapeados face a intensa cobertura de solo e vegetação, bem como pela sua irregularidade de distribuição.

O depósito referido como Czl ocorre apenas na quadrícula de Fronteiras, a nordeste do povoado de Caboclos (folha SE.24-Y-C-III-4-NE). Consta de um conglomerado avermelhado a marrom escuro, com seixos de quartzo e de arenito enferrujado, subarredondados a angulosos, de cimento laterítico, muito consistente e de acamamento indistinto.

Os depósitos de tálus são os mais antigos do Cenozóico da área, provavelmente do início do Quaternário. Constam de seixos, blocos e matações angulosos que chegam a pesar várias toneladas, oriundos da erosão do arenito que forma a Formação Exu. Distribuem-se no sopé da escarpa por toda a área da chapada, numa largura pequena e muito irregular, na área de ocorrência a vegetação é luxuriante e o acesso difícil.

Na quadrícula de Crato, em várias seções geológicas realizadas encontrou-se sob o solo uma camada semi-consolidada que foi designada de fanglomerado. Essa rocha foi encontrada ao longo dos riachos, numa distribuição irregular e espessura variável, alcançando cerca de 10 metros em alguns locais. O fanglomerado consta de seixos, blocos e matações, subarredondados a angulosos, de dimensões muito variadas, das rochas sobrepostas, destacando-se o arenito capeante da sequência; também ocorrem fragmentos de calcário, siltito e folhelho, todos imersos numa matriz argilo-arenosa, de cor amarelada, em parte ferruginosa.

Na área mapeada as principais aluviões ocorrem nos vales dos rios Batateira que banha a cidade de Crato; o Brejo Grande, formador do rio Cariús, nos municípios de Santana do

Cariri e Nova Olinda e nos riachos dos Moraes em Araripina e dos Oitis em Porteiras. Constan de areia esbranquiçada, fina a grosseira, em parte argilosa e com matéria orgânica. Em locais mais ou menos próximos da escarpa o leito dos rios é coberto por seixos, blocos e matacões, principalmente do arenito da Formação Exu.

4 - FEIÇÕES ESTRUTURAIS

As facies mapeadas não sofreram deformações tectônicas e por conseguinte se caracterizam pela ausência de falhas e dobramentos diastróficos; também não foram afetadas por qualquer manifestação magnética. As camadas são sensivelmente horizontais e as juntas e as ondulações de grande amplitude são atribuídas a movimentos epirogênicos, considerados como responsáveis pelo soerguimento da sequência sedimentar da bacia do Araripe ao nível em que se encontra atualmente. Segundo Beurlen (1963) esse fenômeno ocorreu provavelmente no Terciário. As estruturas mais comuns da área em apreço são de origem sedimentar e dentre elas as mais frequentes são a laminação e a estratificação cruzada.

As juntas ocorrem principalmente na facies arenosa e na facies carbonatada; são sempre verticais e em várias direções, podendo formar sistema, cujos planos geralmente se intersectam em ângulo reto ou próximo dele. Amplos e suaves arqueamentos foram observados no arenito da Formação Exu, como acontece na escarpa da chapada a leste da cidade de Simões, no Piauí (vide foto 11). Na parte oriental da chapada, entre os municípios de Crato e Missão Velha, o arenito tem um mergulho de 2° para norte, dando origem as numerosas fontes d'água que brotam no contato entre o arenito e a facies argilo-síltica e evaporítica sotoposta ao mesmo. Na aba leste da serra do Mãozinha (folha de Abaiara) as camadas subjacentes ao arenito possuem uma declividade de 2° para nordeste. No lado sul da chapada, o horizonte gipsífero que ocorre na quadrícula de Ouricuri apresenta um mergulho geral de 1° para nordeste.

As estruturas sedimentares são muito conspícuas na área mapeada. A estratificação cruzada é mais frequente na facies arenosa, tanto acima como abaixo da zona mineralizada e podem ser de vários tipos pequena, grande, complexa e de canal, dispendo-se em várias direções, com mergulho variando de 20 a 30 graus; geneticamente são de origem fluvial e as vezes torrencial (vide fotos 1, 2 e 3); a estratificação plano-paralela horizontal também é comum e em alguns locais as frações mais finas podem apresentar marcas de onda simétricas e assimétricas. A laminação é a característica principal da facies carbonatada, ocorrendo sobretudo em calcário, mas também em folhelho, siltito e marga. As lâminas têm espessura de 1 milímetro, dispendo-se com grande regularidade e uniformidade por dezenas de quilômetros, com postura paralela e horizontal. Localmente, o calcário dessa facies pode apresentar suaves ondulações e perturbações, como estruturas de dissolução e reprecipitação, ocasionando a formação de pequenas cavernas contendo as vezes geodos de calcita; zonas maciças e decompostas, com estrutura de colapso, podem ser notadas. Os níveis de marga e de siltito dessa facies exibem estrutura flaser em alguns perfis. Certos níveis de folhelho mostram juntas de ressecamento e leitões ondulados pela acomodação de seixos ou concreções argilo-carbonatadas inclusas.

Na facies argilo-síltica e evaporítica os sedimentos plásticos imediatamente sobrepostos a gipsita apresentam dobramentos convolutos, ondulações e camadas mergulhantes, ligadas as estruturas de colapso do evaporito (foto 9). Admite-se que tais deformações foram causadas pela expansão resultante da hidratação da anidrita original, transformando-a em gipsita, fenômeno este que acarreta um considerável aumento de volume da rocha.



Finalmente, os arenitos que formam a Formação Exu apresentam com muita frequência estratificação cruzada de caráter tipicamente fluvial, cujos leitos inclinados podem ser seguidos por vários metros.

5 - EVOLUÇÃO HISTÓRICA

5.1 - Paleogeografia, Paleoambiente e Idade

Os sedimentos que compõem a chamada série Araripe foram depositados numa bacia intracontinental de plataforma estável. As considerações paleogeográficas, paleoecológicas e sobre idades aqui mencionadas, se referem as facies mapeadas, as quais representam a parte superior da Formação Missão Velha até a Formação Exu, incluindo totalmente a Formação Santana, intercalada naquelas duas, conforme as definições de Beurlen (1963).

Como se depreende do mapa geológico da bacia sedimentar do Araripe anexo, a aludida bacia teve início na sua extremidade oriental, pois na região entre Crato e Forteiras é onde se encontra a sequência sedimentar completa, desde a unidade basal, e as maiores espessuras dos sedimentos. Para oeste os estratos mais antigos vão diminuindo de espessura até desaparecerem, de tal forma que nos trechos mais distantes ocorrem apenas a facies argilo-síltica e evaporítica ou a Formação Exu, diretamente em contato discordante com o em basamento cristalino. Isso evidencia que a evolução sedimentológica da bacia se processou de leste para oeste.

As 55 análises bioestratigráficas realizadas no LA MIN, aliadas a identificação da rica ictiofauna da sequência sedimentar contida em Santos & Valença (1968) e ainda a in formações verbais e por escrito do professor Rubens da Silva Santos, especialista em ictiologia, ofereceram valiosos subsídios para interpretação sobre o ambiente deposicional e data ção dos sedimentos. Em todas as facies mapeadas existem

macro e microfósseis. Entre os macrofósseis destacam-se os peixes, abundantes num horizonte de folhelho pertencente a facies argilo-síltica e evaporítica. Santos & Valença (1968), classificou naquele horizonte 18 espécies, distribuídas em 14 gêneros e 11 famílias e concluiu que os componentes dessa ictiofauna parecem indicar um caráter marinho, idéia confirmada pela presença de equinóides, e confere aos mesmos idade Aptiano. Nas outras facies também foram identificados peixes, embora em quantidade bem menor, e restos dos mesmos tais como dentes, vértebras, escamas e nadadeiras. No reino vegetal encontram-se raízes aquáticas de *Choffatia*, Euphorbiácea, folhas de *Nymphacites*, fragmentos de folhas, pterophytas, hastes, caules, cutículas vegetais e traqueídeos. Sobre os moluscos foram caracterizados os gêneros *Mytilidae* e *Turritella*, da classe dos lamelibrânquios e dos gastrópodos, respectivamente, os quais foram encontrados em apenas duas amostras diferentes. Dessa última classe identificou-se representantes da família *Cerithidae* em uma única amostra. Quanto aos microfósseis, os ostracodes e conchostráceos estão bem representados em todas as facies. Dos ostracodes, a associação dos gêneros *Candonopsis* sp. e *Paraschuleridea* sp., é muito conspícua; em menor quantidade ocorrem *Heterocypris* sp., *Darwinula* sp., *Paracypridae* e *Bisulcocypris*. O único conchostráceo determinado foi *Bairdestheria* sp. com grande frequência. As análises palinológicas efetuadas no LAMIN revelaram a existência de 33 tipos palinomorfos os quais serviram para datação das diversas facies.

A facies arenosa, a mais antiga das três mapeadas, tem distribuição restrita à extremidade oriental da bacia, ocorrendo apenas no Estado do Ceará. A unidade se estende

desde as imediações da cidade de Nova Olinda até cerca de 15 quilômetros a sudoeste da cidade de Porteiras, junto ao povoado de Jardim Mirim, distribuindo-se pelos municípios de Barbalha, Missão Velha, Abaiara e Brejo Santo. A facies é constituída por um espesso pacote de arenito com estratificação cruzada, cujo ângulo de mergulho varia de 20 a 30 graus, de caráter tipicamente fluvial. O arenito contém várias intercalações de siltito e folhelho que se tornam mais frequentes para o topo; em menor quantidade, ocorrem delgados níveis de calcarenito. O arenito encerra ainda um horizonte de folhelho cinza escuro o qual inclui uma camada de conglomerado calcário com leitos betuminosos e de aspecto brechóide, na base da qual ocorre um nível de marga betuminosa, laminada. Nesta última rocha existem peixes fósseis que foram classificados como pertencentes ao gênero Cladocyclus e que foi identificado também na facies argilo-síltica e evaporítica, Santos & Valença (op. cit.). Segundo Rubens da Silva Santos (comunicação verbal) [esse nível é de idade Aptiano e de origem marinha, baseado em sua paleoictiofauna.] No Brasil, as espécies de Cladocyclus são conhecidas no Grupo Ilhas (Neocomiano) e na Formação Marizal (Aptiano), da bacia do Recôncavo; na Formação Muribeca (Aptiano) da bacia de Sergipe/Alagoas. As análises bioestratigráficas realizadas no LAMIN acusaram a presença de caules, cutículas vegetais e traqueídeos; ostracodes marinhos e não marinhos, gêneros Candonopsis sp., Paraschuleri dae sp., Paracypridae sp. e Darwinula sp., conchostráceo, gênero Bairdestheria sp., e numa única amostra gastrópodos da família Cerithidae. Muitos desses elementos também são comuns nas duas facies superiores. A assembléia de fósseis marinhos e não marinhos sugerem um ambiente misto, do tipo estuarino, para aquele horizonte, havendo portanto uma episódica incur-

são marinha durante a deposição do pacote de arenito fluvial. O fato de muitos ostracodes estarem bem preservados, inclusive com as valvas fechadas, indica que o meio aquoso era tranquilo, pouco movimentado, no tempo da incursão marinha. Durante esta fase reinou um meio sapropélico o que é atestado pelos sedimentos betuminosos. Os estudos palinológicos revelaram de início e em caráter provisório idade Purbeckiano para a facies arenosa. Posteriormente, a análise integrada de todos os resultados e a comparação com constelações palinológicas de outras bacias sedimentares de mesma cronologia, chegou-se a datação mais segura de Aptiano Inferior para aquela facies. Embora de idade aptiana, as amostras analisadas apresentam palinofacies de menor grau de evolução que aquela das facies superiores. A correlação dos palinomorfos da facies arenosa com os da tabela padrão da Petrobrás mostra certa equivalência com os andares Jiquiá-Alagoas Inferior (Aptiano Inferior).

A facies carbonatada, equivalente a Formação Cra to de Beurlen (1963), tem uma distribuição bem maior do que a facies arenosa, sendo muito bem representada nos mesmos municípios citados para a unidade arenosa sotoposta. Em Pernambuco, no município de Ipubí, a facies ocorre na base da gipsita, sendo representada por um folhelho betuminoso. No fundo de uma cacimba encontrou-se o calcário laminado que é a litologia característica dessa unidade. Na extremidade ocidental da bacia o embasamento cristalino é mais elevado e a facies ocorre preenchendo algumas depressões isoladas, como acontece no riacho Curral da Onça, município de Simões, Piauí. A unidade consta de calcário laminado, micrítico, ao qual se associa sedimentos pelíticos mais ou menos calcíferos. A grande regu-

laridade e uniformidade das camadas com laminação paralela e horizontal denunciam um ambiente aquático, de pouca profundidade, com correntes de baixa energia. Denota-se que a passagem da facies arenosa, constituída essencialmente de psamitos de caráter fluvial, para uma sedimentação predominantemente química, associada a pelitos mais ou menos calcíferos, reflete uma mudança no ambiente deposicional. As áreas muito restritas de ocorrência dessa facies na parte ocidental da bacia, bem como a sua menor espessura, evidenciam que o desenvolvimento da referida bacia se processou de leste para oeste. Por outro lado observa-se que as intercalações de clásticos finos no calcário laminado diminuem consideravelmente de leste para oeste. Em Santana do Cariri, por exemplo, existe um pacote daquele calcário praticamente desprovido de intercalações, atingindo até 60 metros de espessura. No calcário ocorrem raros peixes fósseis, com até 10 centímetros de comprimento, com esqueletos comprimidos e encurvados, mais ou menos completos, entre os planos de laminação. Santos & Valença (op. cit.), classificou tais ictiolitos como *Dastilbe*, forma que possivelmente vivia em cardumes e habitava as zonas litorâneas; essa forma também ocorre na facies superior, argilo-siltica e evaporítica. Silva (1967) identificou o *Leptolepis diasii* sp. no mesmo calcário. O estudo bioestratigráfico de amostras do folhelho betuminoso situado no topo da facies carbonatada, imediatamente abaixo da gipsita, revelou a presença do *Leptolepis diasii* e *Aspidorhynchus*, além de dentes, escamas e nadadeiras de peixes. Esses dois últimos peixes também são marinhos e comuns na facies superior. Nos folhelhos intercalados no calcário foi encontrado também o gênero *Aspidorhynchus*. Aqueles sedimentos pelíticos também apresentam restos de plantas como hastes, caules, cutículas vegetais e traqueídeos; lamelibrânquios da família Mytilidae, os -

tracodes abundantes e conchostráccos, todos dos mesmos gêneros encontrados na facies arenosa . A presença de fósseis marinhos e não marinhos, aliada a associação litológica com sedimentos químicos e pelitos, ambos laminados, sugere um ambiente deposicional do tipo lacustre-lagunar. A presença de níveis betuminosos e carbonosos indica a existência de um meio sapropélico. O conteúdo palinológico evidencia uma constelação de elementos mais novos, do que os contidos na facies subjacente, sendo então atribuída à facies carbonatada idade Aptiano/Albiano.

A facies argilo-síltica e evaporítica corresponde a Formação Santana de Beurlen (1963) e abrange toda a área da bacia do Araripe nos Estados do Ceará, Pernambuco e Piauí. A facies se inicia por uma camada de gipsita depositada em pontos localizados, em vários trechos da bacia, tais como na extremidade oriental na Serra do Mãozinha, onde ocorre nos municípios de Abaiara, Missão Velha e Brejo Santo, todos no Estado do Ceará; ao norte, nos municípios de Santana do Cariri, Crato e Barbalha, também no Ceará; a sudoeste da bacia na região de Ipubí e Araripina, no Estado de Pernambuco, onde a gipsita apresenta as maiores espessuras, desenvolvendo-se aí a principal atividade mineira de toda a área do Projeto. No extremo sudoeste da bacia a gipsita ocorre no município de Simões, no Estado do Piauí. Segue-se ao evaporito uma sequência variada de folhelhos e siltitos, onde se intercalam níveis de marga e por vezes de arenito. Sobre esta sequência repousa um folhelho cinza, algo calcífero, com concreções calcárias encerrando ictiólitos, os quais chegam a atingir 50 centímetros de comprimento. Para o topo tem-se um perfil variado de folhelho, arenito fino, esbranquiçado e siltito. Esta facies é a

mais fossilífera de toda a sequência mapeada, com grande variedade de formas marinhas e não marinhas, havendo predominância das primeiras em virtude do rico acervo de ictiólitos, que segundo Silva Santos in Santos & Valença (op. cit.) habitava os mares jurássicos e cretáceos. A presença de evaporito aliada a rica fauna marinha atestam que a influência do mar na bacia à época da deposição dessa facies foi muito conspícua até a deposição do horizonte de peixes. Admite-se que para formação de uma camada de evaporito com 30 metros de espessura, torna-se necessária a afluência relativamente ampla de água do mar e um clima árido, onde a evaporação seja maior do que o volume de água salgada que penetra na bacia restrita. O clima árido acarretou uma considerável redução no preenchimento da bacia através de sedimentos continentais ao tempo em que criou as condições de supersalinidade necessárias à precipitação da gipsita. Após a deposição desta camada fechou-se a ligação da bacia com o mar, enquanto o clima permanecia árido; nessa fase prosseguia a sedimentação de clásticos finos, entremeados de sedimentos químicos até que o aumento de salinidade atingiu um ponto crítico que exterminou toda a fauna existente. Segundo Beurlen (op. cit.) os peixes são mais sensíveis a um aumento de salinidade do que a diminuição da mesma. Assim, num tempo relativamente curto toda a fauna foi eliminada enquanto eram depositados sedimentos pelíticos na bacia. Os peixes e outros animais mortos ao atingir o fundo argiloso e redutor eram logo em seguida envolvidos por uma crosta carbonática, dentro da qual permaneciam inteiramente preservados. O fato da excelente conservação em que se encontram os peixes, inclusive das suas partes mais moles, evidencia um ambiente muito tranquilo, ou seja, de águas calmas. Tais crostas carbonatadas deram origem as concreções calcárias inclu-

sas no folhelho. É provável que as concreções tenham sido formadas pela precipitação de carbonato de cálcio dissolvido na água, causada pelo desprendimento de amônia proveniente dos restos orgânicos em decomposição. Os ictiólitos foram devidamente classificados e tiveram interpretada a sua origem por Silva Santos in Santos & Valença (op. cit.) como já enunciado em parágrafo anterior deste capítulo. Em vários depósitos da região de Ipubí e Casa de Pedra ocorre intercalado na gipsita um delgado nível de folhelho e marga, fossilíferos, onde foram identificados dentes, nadadeiras, escamas e vértebras de peixes; fragmentos de folhas e hastes, cutículas vegetais e traqueídeos; numerosos ostracodes, dos gêneros *Candonopsis*, *Paraschuleridae* e *Heterocypris*; abundância de conchostráceos do gênero *Bairdestheria*. Observa-se que estes fósseis também foram encontrados nas facies inferiores. A associação de fósseis marinhos e não marinhos denunciam um ambiente misto do tipo lagunar, mesmo durante a deposição do evaporito. No folhelho que contém as concreções foi identificada a mesma gama de fósseis, acima mencionada, além de *Leptolepis diasii* e raízes aquáticas de *Choffatia*. No município de Fronteiras, encontrou-se gastrópodos do gênero *Turritela* em marga pertencente a esta facies. Em Santana do Cariri e na área de Ipubi-Casa de Pedra, Beurlen (1963) cita a presença de *Turritelidae* e raros exemplares de *Scalidae*, *Naticidae* e *Cerithidae*, *Brachidontes* e *Anomia*. Em Lagoa de Dentro e Rancharia, município de Araripina, o mesmo autor se refere a equinóides, caracterizando a espécie *Faujasia* e com menor frequência *Echinopygus*. A associação de palinomorfos mostra estreita equivalência com a da facies carbonatada e também foi datada de Aptiano/Albiano. Acima do horizonte de peixes, os sedimentos são muito pobres em fósseis; em Crato, Missão Velha, Santana do Cariri e em

Ipubi, Beurlen (1963) indentificou duas espécies de moluscos , Craginia e Gymmentome, pertencentes aos Cassiopinae. Também ocorrem conchostráceos do gênero Bairdestheria, além de restos e fragmentos de vegetais. Parece que no final da facies argilo-síltica e evaporítica, o clima já se tornara mais ameno e a bacia retorna gradativamente a receber sedimentos exclusivamente continentais, tendo em vista um certo predomínio de fósseis de água doce, bem como o caráter dos sedimentos.

Finalmente a deposição do espesso pacote de arenito avermelhado da Formação Exú, marca o retorno definitivo ao ambiente fluvial, completando o ciclo sedimentar do Araripe. Lima (1971), indica idade albiana para esta formação. O fato de que a superfície atual da chapada do Araripe se encontra em níveis bem mais elevados do que o embasamento cristalino ao seu redor é atribuído a movimentos epirogênicos do Terciário.

Os estudos realizados pelo Projeto não são suficientes para formar uma idéia plausível para esclarecer por onde o mar penetrou na bacia do Araripe. Para se obter deduções - mais seguras a esse respeito, faz-se mister uma análise comparativa e aprofundada das unidades de mesma cronologia de outras bacias do Nordeste, envolvendo sua evolução paleogeográfica e paleoambiental. Beurlen (1963) afirma que a transgressão marinha na bacia do Araripe se deu através da bacia do Meio Norte, com base na semelhança litológica e paleontológica entre as Formações Codó daquela última bacia e a Formação Santana. Como argumentos negativos a essa hipótese podem ser citados: a) A Formação Codó está a centenas de quilômetros de distância da Formação Santana e não se tem conhecimento

da sua existência no enorme intervalo que as separam, ou seja, em nenhum lugar da bacia no Estado do Piauí; b) o mapa de isópacas da Formação Codó realizado por técnicos da Petrobrás, indica que aquela unidade não tem continuidade para sul, pois o embasamento pré-Codó era mais elevado naquele quadrante, quando da sua deposição; c) o embasamento cristalino a oeste da área do Projeto Santana é mais elevado do que na parte leste como já foi explicado anteriormente. Calçado nesses dados parece pouco provável que o mar Aptiano tenha entrado na bacia do Araripe através do Maranhão. A analogia entre as duas formações não é suficiente para justificar que ambas pertenciam a uma mesma bacia, pois o mar Aptiano poderia ter invadido o continente por várias frentes.

5.2 - Ciclos de Sedimentação

A análise evolutiva da sequência estratigráfica do Araripe é baseada no modelo preconizado por Lombard (1956) o qual tem sido utilizado na interpretação de várias bacias sedimentares e dos seus jazimentos estratiformes. O método proposto por aquele autor parte de uma hipótese estatística segundo a qual toda série sedimentar depositada em meio marinho apresenta uma sucessão de litotopos sem maiores descontinuidades, cujas facies se sucedem em uma ordem muito geral, mesmo por diversas séries de idades diferentes e em várias regiões. A referida série consiste de uma sequência de litofacies indo de clásticos grosseiros a finos, colóides, margas, calcários, dolomitos e evaporitos. Esta série teórica, parece corresponder às fases de uma transgressão e o inverso da série exprime uma regressão. A análise de uma série natural consiste em comparar, termo a termo, a sucessão teórica standard, observando

os desvios ou variações entre os dois. Tais variações refletem a regularidade ou as anomalias da sedimentação regional, como deposição de clásticos, rochas carbonatadas, retorno de clásticos, interrupções diversas, sedimentação rítmica de pequenas séries e outros fenômenos. Os principais parâmetros a serem considerados na evolução de uma série estratigráfica, são: curvas litológicas, curvas de ciclos de sedimentação e fenômenos de bio-rexistasia.

As curvas litológicas de Lombard (op. cit.) traduzem as simetrias ou dissimetrias dos fenômenos geológicos não observáveis diretamente tais como transgressões e regressões. A sequência de uma curva litológica é positiva quando a curva se dirige da esquerda para a direita no sentido ascendente da série; no caso contrário a sequência é dita negativa. Uma sequência dirigida alternadamente para esquerda e para direita é dita oscilante, podendo ser positiva ou negativa. A sequência positiva corresponde a uma transgressão, rápida se é oscilante, e a sequência negativa indica uma regressão que pode ser igualmente rápida. Uma sequência é dita em "I" quando as mesmas facies se sucedem idênticas na série estratigráfica ou quando uma facies apresenta uma espessura anormal.

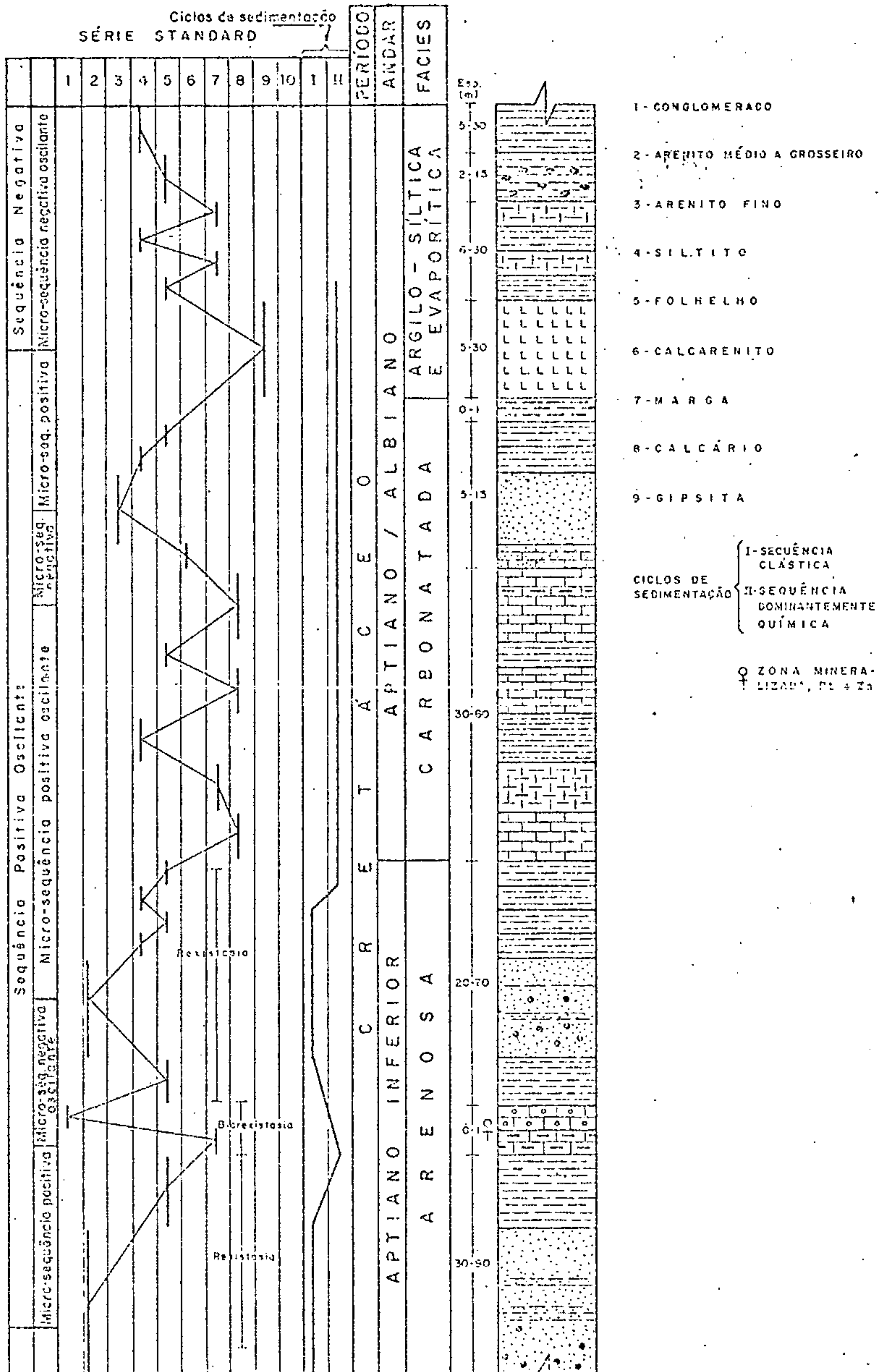
Segundo Fischer e Stewart (1960 e 1961), os sedimentos podem ser classificados em dois grupos: a) os sedimentos do 1º ciclo, derivados diretamente de um embasamento cristalino ou cristalofiliano e representados por facies de granulação grosseira, arcoseana e com feldspatos frescos nas condições climáticas de depósito e transporte normais. Os sedimentos do 2º ciclo, derivados das rochas sedimentares e representados por facies de granulação fina a média, ricas em

quartzo e pobres em feldspatos muito alterados. A este ciclo associam-se os sedimentos mistos.

Erhart (1956) criou a noção de bio-rexistasia segundo a qual toda modificação do meio biológico sobre um continente e notadamente as alterações da cobertura vegetal se traduzem por variações sedimentológicas nas bacias. Observa-se assim uma equivalência entre os ciclos de vegetação e os ciclos sedimentares. A fase de biostasia é caracterizada por uma cobertura vegetal estável, sedimentação uniforme, lenta e relativamente pequena. Na fase de rexistasia, por uma razão qualquer, a cobertura vegetal desaparece, os solos expostos a erosão são rapidamente arrastados para a bacia, determinando uma sedimentação mais clástica, grosseira, irregular, conforme a importância da destruição da cobertura.

Calcado nos conceitos acima enunciados constantes em Nicolini (1970), a sequência sedimentar do Araripe é formada por duas sucessões em "I", representadas pelos dois espessos pacotes de arenito, pertencentes às Formações Missão Velha e Exú de Beurlen (op. cit., 1963), aos quais se intercala uma sequência positiva oscilante onde se enquadram a parte superior da facies arenosa, a facies carbonatada e a seção inferior da facies argilo-síltica e evaporítica. No detalhe, distinguem-se nas facies mapeadas uma sequência positiva oscilante de maior amplitude à qual se segue uma sequência negativa igualmente oscilante; na primeira sequência pode-se deduzir várias micro-sequências, e a segunda comporta apenas uma micro-sequência negativa oscilante (vide fig. 14). O caráter oscilatório da curva litológica reflete as variações verticais das litofacies. A sequência positiva oscilante se inicia no conglomerado calcário brechóide e termina no topo com o horizon

CURVA LITOLÓGICA DA COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA COMPOSTA DA ÁREA MAPEADA



te evaporítico, incluindo por conseguinte toda a facies carbonatada. Esta sucessão corresponde a uma fase transgressiva rápida enquanto que os sedimentos sobrepostos ao horizonte evaporítico traduzem uma regressão marinha, igualmente rápida. A micro-sequência onde se localiza a zona mineralizada tem uma geometria simétrica em relação aos dois pacotes de arenito em que está encaixada e evidencia uma anomalia no curso normal da sedimentação. O conjunto constitui um ciclotema, onde a deposição de clásticos médios a grosseiros é da mesma natureza se repete após a sedimentação dos folhelhos, marga e conglomerado calcário brechóide que formam a zona mineralizada.

As facies mapeadas revelam dois ciclos de sedimentação, sendo o primeiro correspondente a facies arenosa e o segundo ciclo caracterizado pela sedimentação essencialmente química e pelítica que se encerra com a deposição do evaporito. A zona mineralizada está dentro do primeiro ciclo, mas constitui um desvio do curso normal da sedimentação, definindo uma ligeira descontinuidade (vide fig. 14).

Os fenômenos bio-rexistásicos estão bem caracterizados na micro-sequência que inclui a zona mineralizada; esta zona reflete uma fase de biostasia, onde a cor dominante varia de cinza (folhelhos) a negro (marga betuminosa), traduzindo um ambiente francamente redutor. Os sedimentos arenosos situados no topo e na base daquela zona indicam as fases rexistásicas que sucederam e antecederam a biostasia; a cor avermelhada dos arenitos revelam condições ambientais oxidantes.


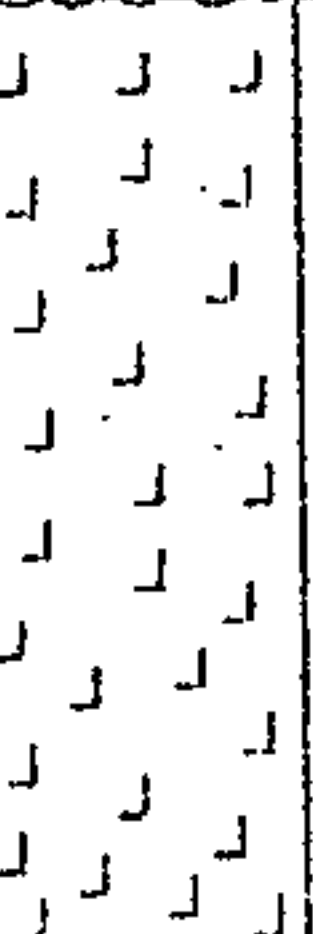

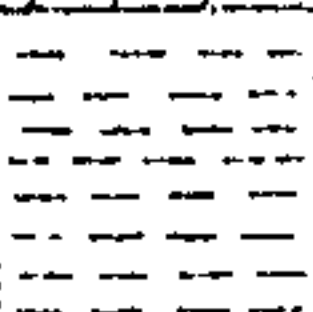

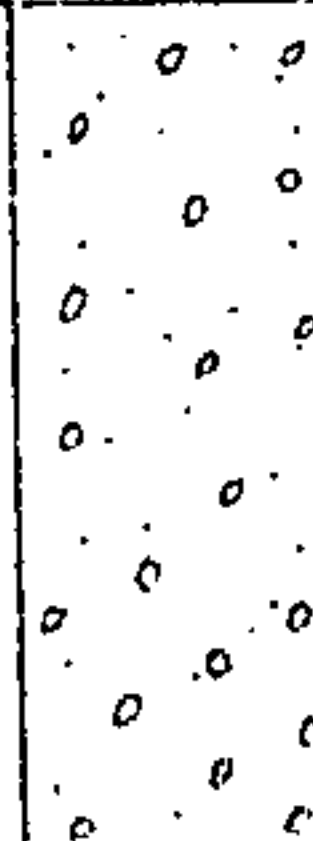
A comparação entre as facies mapeadas pelo Projeto Santana e a sequência estratigráfica que encerra o rico jazimento polimetálico do Kupferschiefer da região de Mansfeld, A-

lemanha, mostra uma série de analogias, mas também divergências, como se depreende das informações relacionadas a seguir. Os dados sobre a sequência de Mansfeld foram extraídos dos seguintes autores: Routhier (1963), Boyle (1968), Nicolini (op. cit.), Bauchau (1971) e Samama (1972).

- A ambiência geológica geral é unicamente sedimentar em ambos os casos.
- A idade da zona mineralizada da área em estudo é Aptiano Inferior, enquanto o Kupferschiefer é do Permiano Superior (fig. 14 e 15).
- Quanto a posição geotectônica, as duas áreas são de plataforma estável, sem ligação com ciclo orogênico.
- Na área do Santana não foram constatados dobramentos nem falhamentos, mas a sequência que inclui o Kupferschiefer apresenta pequenas falhas e suaves anticlinais e sinclinais.
- Ambas as áreas são desprovidas de associação com magmatitos.
- A mineralização é sulfetada, sendo predominantemente de chumbo na área do Santana e principalmente de chumbo, zinco e cobre no jazimento de Mansfeld.
- A zona mineralizada do Santana é constituída de conglomerado calcário brechóide a noduloso com leitões betuminosos, e margas betuminosa laminada. As rochas hospedeiras da mineralização do Kupferschiefer são formadas por margas betuminosas, argilitos betuminosos, carbonáticos e arenosos.

SECÇÃO ESTRATIGRÁFICA DA REGIÃO DE MANSFELD (Alemanha)

INCLUINDO O KUPFERSCHIEFER

TRIÁSSICO		ARENITOS	
PERMIANO SUPERIOR (ZECSTEIN)		EVAPORITOS: HALITA, SAIS DE K E GIPSITA	ALGUMAS DEZENAS DE METROS
		CALCÁRIO MARINHO	345 m
		KUPFERSCHIEFER MARGAS BETUMINOSAS, ARGILITOS BETUMINOSOS, CARBONÁTICOS E ARENOSOS	0,5 m
		CONGLOMERADOS E ARENITOS	85 m
PERMIANO INFERIOR (ROTLEGENDE)		ARENITOS E CONGLOMERADOS, LAVAS E TUFOS AMBIENTE CONTINENTAL	

COMPOSIÇÃO SIMPLIFICADA DO KUPFERSCHIEFER: CALCITA, DOLOMITA, GIPSITA, ANIDRITA (40%); QUARTZO, FELDSPATO, CAULIM, SERICITA (19%); GELSILICOSO (29%); SUBSTÂNCIA CARBONOSA INCLUINDO BETUME (9%); SULFETOS (PRINCIPALMENTE Cu, Pb, Zn) (2%).

BASEADO EM SAMAMA, 1972; ROUTHIER (1963) E BOYLE (1968)

- A associação litológica sobrejacente e subjacente ao horizonte mineralizado pode ser distinguido mediante exame das figuras 14 e 15.
- A extensão mínima da zona mineralizada da área em estudo é de 95 quilômetros e do Kupferschiefer superior a 1.500 quilômetros.
- A espessura do horizonte mineralizado do Santana varia de 0,4 m a 0,8 m e no Kupferschiefer é de 0,5 m.
- A associação mineral sulfetada consta de galena, esfalerita, pirita, marcassita e calcopirita na área do Santana, e principalmente de bornita, calcocita, calcopirita, galena e esfalerita no Kupferschiefer.
- O ambiente geoquímico da zona mineralizada é redutor em ambos os depósitos.
- Os dois depósitos são do tipo sedimentar estratiforme singenético, sendo que o da Alemanha é também epigenético.
- A definição econômica da zona mineralizada do Santana será determinada após a etapa II do Projeto, pois os dados obtidos até o presente não foram suficientes para aquela avaliação. No Kupferschiefer recupera-se química e metalurgicamente Cu, Pb, Zn, Ag, Au, Ni, Pt, Pd, Cd, Re, Tl, V e Y.
- A curva litológica na área do Projeto é positiva oscilante (fig. 14), enquanto no Kupferschiefer,

é fortemente positiva.

- Tal como acontece na área em estudo, existem na região de Mansfeld duas sequências em "I", estando o Kupferschiefer intercalado entre as duas, e mais precisamente no topo da primeira; mas a zona mineralizada do Santana situa-se intercalada na parte superior da primeira sequência em "I".
- O horizonte mineralizado do Santana está intercalado no primeiro ciclo de sedimentação (fig. 14) e o Kupferschiefer está posicionado no topo do primeiro ciclo de sedimentação, justamente na passagem para o segundo ciclo.
- A zona mineralizada deste Projeto se encontra entre duas fases rexistásicas (fig. 14) e a de Mansfeld situa-se no início de uma fase biostásica que sucede uma rexistásica.

6 - GEOLOGIA ECONÔMICA

6.1 - Introdução

A área abrangida pelo Projeto é pródiga em recursos minerais, principalmente no que tange aos não metálicos, dispondo de grandes reservas de gipsita, calcário e argilas. No município de Santana do Cariri foram estudadas três ocorrências de celestita e no de Simões cadastrou-se um indício de barita.

De um modo geral todas as facies estudadas apresentam alguma utilidade econômica. Os arenitos que compõem a Formação Exu desempenham o papel de um filtro natural, dando origem às numerosas fontes de água potável que brotam no contato inferior. A desintegração dessa rocha ocasiona a acumulação de seixos e blocos e as aluviões arenosas no leito dos rios; esses materiais são usados para calçamento de ruas, como alicerce nas construções, como pedra britada e as areias para confecção de argamassa. A facies argilo-síltica e evaporítica contém os enormes depósitos de gipsita, responsáveis pela tradição mineira que a área desfruta tanto do lado do Ceará, mas sobretudo do lado de Pernambuco. Mais de 90% da produção nacional de gipsita provém dessa região, onde se encontram as maiores minas do país. Na Facies carbonatada, localizam-se extensos depósitos de calcário de qualidade apropriada para a indústria de cimento. A facies arenosa contém importantes depósitos argilosos adequados para cerâmica vermelha e mineralização de galena e esfalerita cujo potencial econômico está sendo definido por este Projeto. Finalmente, a unidade inferior da Formação Missão Velha encerra grandes jazidas de argi

las e se constitui o principal aquífero da área com vários poços tubulares em produção nos municípios de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte. Recentemente foram abertos vários poços para o suprimento d'água da usina açucareira de Barbalha.

No decorrer da etapa de campo do Projeto foram cadastrados um total de 61 depósitos minerais, incluindo desde simples ocorrências até minas operantes, sendo 9 de galena, 2 de argilas, 3 de celestita, 1 de barita e 46 de gipsita. Uma das ocorrências, de celestita é citada numa ficha de gipsita em virtude de estar diretamente associada a jazida daquele evaporito. Os depósitos investigados foram numerados sequencialmente de 1 a 60 para efeito de sua identificação nos mapas geológicos, fichas de cadastro de ocorrência mineral e fotos aéreas, anexos, com a seguinte distribuição: 1 a 9 de galena, 10 e 11 de argilas, 12 e 13 de celestita, a ocorrência de barita identificada pelo número 14 e as de gipsita numeradas de 15 a 60. A numeração obedece os critérios de tipo mineral e sua distribuição nas quadrículas na ordem crescente de leste para oeste e de norte para sul.

Das ocorrências de galena, sete estão localizadas na quadrícula de Crato (nºs 1 a 7), uma na de Jardim (nº 8) e a última, nº 9, na quadrícula de Santana do Cariri. As ocorrências de celestita também estão situadas nesta quadrícula e a de barita na quadrícula de Simões. Os depósitos de gipsita se distribuem pelas seguintes quadrículas: nºs 15 a 19 na de Crato, nº 20 na de Jardim, de 21 a 31 na de Santana do Cariri, nº 32 na de Bodocó, de 33 a 49 e a de nº 55 todas na quadrícula de Ouricuri; as de número 50 a 60, excluindo a de número 55, localizam-se na quadrícula de Simões.

6.2 - Ocorrências de Sulfetos Metálicos

As mineralizações de sulfetos metálicos investigadas estão situadas no Estado do Ceará, nas extremidades nordeste e leste da chapada do Araripe, envolvendo as quadrículas de Santana do Cariri, Jardim e Crato, destacando-se esta última por conter o maior número de ocorrências (vide mapa geol. integrado). Foram estudadas um total de nove ocorrências, sendo seis já citadas na bibliografia e três descobertas neste Projeto (Encruzilhada, Salobro e Bois). A extensão linear entre as duas ocorrências extremas é da ordem de 95 quilômetros, acompanhando a faixa de afloramento da facies arenosa que as encerra. De oeste para leste, as ocorrências se distribuem pelos municípios cearenses de Crato, Barbalha, Missão Velha, Brejo Santo, Abaiara e Porteiras. Pelo posicionamento estratigráfico bem como pela identidade litológica e mineralógica, tais indícios parecem constituir uma única e extensa faixa mineralizada, cuja área de distribuição se restringe ou coincide aproximadamente com a da facies arenosa. Embora ainda não tenham sido efetuados os trabalhos necessários para verificação da extensão da zona mineralizada em profundidade, é provável que haja continuidade por baixo da chapada uma vez que foram localizados indícios, tanto ao norte como ao sul da mesma (vide mapa geol. integrado).

Os estudos desenvolvidos no limite oriental da chapada revelaram a existência de pelo menos dois outros níveis mineralizados inéditos, sobrepostos ao citado pela bibliografia, o qual é o mais importante pela sua continuidade e conteúdo em sulfetos. Conclui-se que a porção da facies arenosa, desde o primeiro nível mineralizado basal até o contato infe-

rior da facies carbonatada, é prospectiva para sulfetos, correspondendo a uma seção com espessura variável de 50-85 metros.

A zona mineralizada basal, está intercalada num espesso pacote de arenito avermelhado, o qual encerra diversos níveis subordinados de siltito, folhelho e calcarenito, de espessura variável. Aquela zona é geralmente formada por um conglomerado calcário de aspecto brechóide e por uma marga betuminosa, laminada, que repousa sob o conglomerado; essas duas litologias quase sempre estão intercaladas em folhelho cinza. O horizonte mineralizado tem espessura média de 0,7 metro e a galena constitui o mineral econômico mais importante, e parece mais frequente no conglomerado do que na marga betuminosa. Outros sulfetos identificados foram esfalerita, calcopirita, pirita e marcassita. O conglomerado é cremo, muito duro, formado por seixos angulares a subarredondados de calcário microcristalino, separados por leitos betuminosos e material carbonático muito fino. A marga é bastante fossilífera, contendo numerosos ostracodes, além de conchostráceos e raros gastrópodes; restos de plantas e de peixes também foram identificados. A associação da rica fauna e flora fósseis forneceram valiosas informações para interpretação do ambiente deposicional e os numerosos elementos palinológicos permitiram estabelecer a datação no Aptiano Inferior. Quanto ao controle altimétrico da zona mineralizada as cotas aumentam de noroeste para sudeste. Os perfis de correlação estratigráfica anexos evidenciam que a faixa mineralizada apresenta um arqueamento côncavo nas direções noroeste-sudeste e norte-sul.

O conglomerado tem espessura média de 0,4 metro,

os seixos se dispõem no plano horizontal segundo seu eixo maior e raramente ultrapassam 20 centímetros de diâmetro. Os contatos superior e inferior da rocha são ondulados e algo irregulares, sugerindo as vezes estruturas de carga ou de pequenos paleocanais. Em alguns locais assemelha-se mais a um calcário nodular. A marga betuminosa, apesar de sua semelhança com o folhelho betuminoso, recebeu aquela denominação pelo elevado conteúdo em carbonato de cálcio, pois a rocha normalmente efervesce bastante ao ácido clorídrico diluído a frio. A laminação é plana, paralela e horizontal, mas muitas vezes mostra-se corrugada, com pequenas ondulações, e fenômenos de bioturbação são frequentes. As lâminas betuminosas são impregnadas de pontuações esbranquiçadas de ostracodes. Via de regra a marga apresenta leitos betuminosos alternados com leitos e "olhos" de calcário creme. Na base é comum encontrar-se grande quantidade de pisólitos de calcário, com diâmetro máximo de dois centímetros. A espessura da marga é geralmente de 20-30 centímetros, mas pode atingir 50 centímetros.

Na fig. 16 consta o resultado da análise química de 22 amostras da zona mineralizada, coletadas aleatoriamente, sendo 12 do conglomerado calcário e calcário nodular e 10 da marga betuminosa. A variação dos valores de chumbo e zinco indicam que tanto a galena como a esfalerita se distribuem disseminada e irregularmente nas duas rochas hospedeiras. Via de regra, o conteúdo de cálcio na marga é sempre superior a 20% e o teor de cobre em ambas as rochas é muito baixo, sendo que na marga é mais elevado do que no conglomerado. O níquel, molibdênio, prata, cobalto e boro, com valores uniformemente baixos em ambas litologias. A média dos valores de magnésio é superior no conglomerado e o conteúdo médio de ferro é maior

ANÁLISES QUÍMICAS DA ZONA MINERALIZADA

Figura 16

Nº DE ORDEM	Nº DE AMOSTRA	LITOLOGIA	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO-SIGLA DO ESTADO	FOLHA - NOME E SIMBOLOGIA	ppm Pb	ppm Zn	ppm Cu	ppm Ni	ppm Mo	ppm Ag	ppm Sr	ppm Co	ppm Ba	ppm B	% P ₂ O ₅	% Mg	% Ca
01	JF-183 A	Marga Bituminosa	Encruzilhada	Abaiara-CE	Abaiara SB.24-Y-D-III-4-NE	1500	5000	70	50	70	0,5	700	20	700	20	5	1,0	>20
01	JF-183 B	Conglomerado Calcário	Encruzilhada	Abaiara-CE	Abaiara SB.24-Y-D-III-4-NE	30	50	60	70	5	0,5	100	20	500	100	7	2,0	1,5
02	JF-195	Marga Bituminosa	Salobro	Abaiara-CE	Abaiara SB.24-Y-D-III-4-NE	10000	1500	45	30	70	3	700	7	300	10	7	0,7	>20
02	JF-196	Conglomerado Calcário	Salobro	Abaiara-CE	Abaiara SB.24-Y-D-III-4-NE	90	210	35	50	20	0,5	1000	10	150	10	7	1,0	>20
02	JF-197	Conglomerado Calcário	Salobro	Abaiara-CE	Abaiara SB.24-Y-D-III-4-NE	5000	3000	85	30	200	0,5	700	10	300	30	7	1,0	>20
03	JF-200 B	Calcário Modular	São Felipe	Brasão Santo-CE	São Felipe SB.24-Y-D-III-4-SE	4600	100	35	10	25	0,5	700	5	70	10	1	1,0	>20
04	JF-18	Marga Bituminosa	Carrancudo	Missão Velha-CE	Jamaçara SB.24-Y-D-III-4-SO	10000	1500	110	200	100	7	500	70	150	10	15	0,7	20
04	JF-18 a	Marga Bituminosa	Carrancudo	Missão Velha-CE	Jamaçara SB.24-Y-D-III-4-SO	20000	3000	100	300	70	5	1000	50	300	20	10	0,7	>20
04	MP-22-A	Marga Bituminosa	Carrancudo	Missão Velha-CE	Jamaçara SB.24-Y-D-III-4-SO	7000	3000	70	10	15	0,5	200	10	20	10	10	0,1	>20
04	MP-22-A-I	Marga Bituminosa	Carrancudo	Missão Velha-CE	Jamaçara SB.24-Y-D-III-4-SO	3000	7000	150	10	20	0,5	200	100	150	10	5	0,5	20
05	JF-14 a	Conglomerado Calcário	Cameleira	Missão Velha-CE	Jamaçara SB.24-Y-D-III-4-SO	840	220	25	15	30	0,5	200	10	70	10	15	10,0	>20
05	JF-14 b	Marga Bituminosa	Cameleira	Missão Velha-CE	Jamaçara SB.24-Y-D-III-4-SO	1300	2500	60	70	30	0,5	500	15	500	20	5	1,0	20
05	MP-23-C	Conglomerado Calcário	Cameleira	Missão Velha-CE	Jamaçara SB.24-Y-D-III-4-SO	70	200	20	5	10	0,5	100	5	100	50	7	0,3	15
06	JF-10 b	Conglomerado Calcário	Correntinho	Barbalha-CE	Barbalha SB.24-Y-D-III-3-NE	1000	1800	60	50	50	0,5	300	20	70	10	7	5,0	>20
06	MP-21-F	Conglomerado Calcário	Correntinho	Barbalha-CE	Barbalha SB.24-Y-D-III-3-NE	50	200	5	5	10	0,5	200	5	20	10	1	0,7	>20
07	JF-06 a	Conglomerado Calcário	Fundão	Crato - CE	Crato SB.24-Y-D-III-1-SO	21100	1300	65	30	100	0,5	500	30	150	10	7	2,0	>20
07	JF-06 b	Marga Bituminosa	Fundão	Crato - CE	Crato SB.24-Y-D-III-1-SO	700	300	65	30	150	0,5	500	50	150	10	15	1,0	20
07	JF-06 c	Conglomerado Calcário	Fundão	Crato - CE	Crato SB.24-Y-D-III-1-SO	2000	700	30	20	50	2,5	400	10	700	10	10	7,0	>20
07	MP-20-F	Marga Bituminosa	Fundão	Crato - CE	Crato SB.24-Y-D-III-1-SO	300	200	20	15	20	0,5	300	5	300	10	3	0,3	>20
07	MP-20-G-I	Conglomerado Calcário	Fundão	Crato - CE	Crato SB.24-Y-D-III-1-SO	7000	200	5	5	5	0,5	200	5	20	10	2	1,0	20
07	MP-20-J	Marga Bituminosa	Fundão	Crato - CE	Crato SB.24-Y-D-III-1-SO	200	5000	150	50	30	0,5	100	10	500	10	30	0,2	7
08	CA-603c	Calcário Modular	Lois	Porteirões-CE	Jardim Mirim SB.24-Y-D-VI-2-NO	150	1500	20	5	10	0,5	300	5	20	10	2	0,7	>20

na marga. A fig. 17 mostra os teores máximo, mínimo e médio para cada uma das litologias e as duas em conjunto. As médias geométricas, refletem apenas o potencial da zona mineralizada em locais isolados na superfície e portanto não devem ser consideradas como representativas de todo o corpo, uma vez que não foi feita uma amostragem sistemática de canal e de testemunho de sondagem. Os teores médios da zona mineralizada revelaram-se baixos tanto para chumbo como para zinco, mas sendo o primeiro sensivelmente superior. O teor máximo de chumbo da zona foi de 2,11%, obtido no conglomerado calcário, enquanto que para zinco foi de 0,7%, contido na marga betuminosa. Observa-se ainda que os teores médios de chumbo e zinco na marga, embora aquém do limite de economicidade, foram superiores aqueles encontrados no conglomerado.

Todas as ocorrências de sulfetos descritas a seguir foram localizadas apenas nos vales dos riachos, não tendo sido encontrados afloramentos fora dos cursos d'água em virtude da cobertura extensiva dos solos. Tais ocorrências foram numeradas de 1 a 9 para efeito de sua identificação nos mapas geológicos, fichas de cadastro e fotos aéreas anexas.

6 2.1 - Encruzilhada (nº 1)

Esta ocorrência, descoberta durante a etapa de Campo do Projeto, situa-se no riacho homônimo, o qual nasce no bordo leste da Serra do Mãozinha, município de Abaiara, folha de Abaiara, quadrícula de Crato. O acesso é feito a partir da cidade de Abaiara por estrada carroçável no sentido sudoeste por cerca de 4,2 quilômetros; daí, por mais 750 metros através de uma vereda até o riacho da Encruzilhada, dentro do qual a ocorrência se encontra a cerca de 500 metros a juzan-

TEORES MÁXIMO, MÍNIMO E MÉDIO DA ZONA MINERALIZADA

Fig. 17

C A R A C T E R I Z A Ç Ã O	% Pb	% Zn
Teor máximo da zona mineralizada	2,11	0,7
Teor mínimo da zona mineralizada	0,003	0,005
Teor médio da zona mineralizada	0,113	0,089
Teor máximo no conglomerado	2,11	0,33
Teor mínimo no conglomerado	0,003	0,005
Teor médio no conglomerado	0,075	0,038
Teor máximo na marga	2,0	0,7
Teor mínimo na marga	0,02	0,02
Teor médio na marga	0,16	0,18

te, numa cota aproximadamente de 565 metros.

O nível mineralizado é representado por um conglomerado calcário creme de aspecto brechóide e pela marga negra betuminosa sotoposta. Essas duas litologias estão contidas na parte intermediária de um folhelho cinza e marrom, fossilífero, com pequenas concreções calcárias e lâminas de selênita. A micro-sequência está intercalada num pacote de arenito de cores variegadas, que inclui níveis subordinados de siltito (vide fig. 7). Os seixos calcários do conglomerado são subarredondados a subangulares e cimentados por carbonato de cálcio e lâminas betuminosas. A marga contém "blhos" e pisólitos calcários que são contornados pelas lâminas betuminosas as quais assumem um caráter ondulado. É fossilífera contendo ostracodes do gênero Darwinula e vários elementos palinológicos. A zona mineralizada está a cerca de 50 metros abaixo do contato inferior da facies carbonatada. A espessura do conglomerado é de 0,40 metro e a marga tem em média 0,20 metro. Tanto a marga como o conglomerado apresentam raríssimos cristais submilimétricos de galena. A análise química de uma amostra da marga acusou 0,15% Pb e 0,5% Zn; o conglomerado revelou 0,003% Pb e 0,005% Zn.

6.2.2 - Salobro (nº 2)

O riacho do Salobro está a 1,5 quilômetros a norte do riacho Encruzilhada, também no bordo leste da Serra do Mãozinha, município de Abaiara, e na folha homônima. O acesso é feito a partir da cidade de Abaiara por 5 quilômetros no sentido oeste através da estrada carroçável até o entroncamento com a estrada que circunda a serra; daí segue-se pa-

ra sul por mais 1 quilômetro até o riacho Salobro, percorrendo-se a pé por cerca de 750 metros a jusante até a ocorrência que tem cota aproximada de 558 metros.

Nesta ocorrência, também descoberta durante os trabalhos de campo do Projeto, repete-se a mesma sequência litológica estudada anteriormente, estando a zona mineralizada com 0,7 metro de espessura, inclusa numa camada de folhelho cinza, cujo conjunto está intercalado em arenitos com níveis sílticos e argilosos, pertencentes a facies arenosa (fig. 8). O conglomerado calcário com aspecto brechóide, que repousa sobre a marga, é creme com espessura da ordem de 0,5 metro, contendo leitos e lâminas betuminosas, contornando os seixos calcários. A marga é negra, betuminosa, com espessura de 0,20 metro e laminação corrugada alojando "olhos" e pisólitos de calcário; restos fósseis e pontuações esbranquiçadas de ostracodes, são visíveis. No conglomerado calcário foram observados cristais milimétricos de galena em torno dos seixos calcários e associados aos leitos betuminosos, em quantidade bem maior do que na ocorrência de Encruzilhada. A marga não apresentou mineralização visível. A análise química de uma amostra do conglomerado indicou 0,5% Pb e 0,3% Zn.

Na seção geológica medida do riacho Salobro ocorre além do nível mineralizado acima descrito, dois outros níveis superpostos, ou seja, em posição estratigráfica superior aquele primeiro horizonte. Logo acima do folhelho superior da zona mineralizada ocorre um conglomerado calcário creme, com espessura da ordem de 1,0 metro, de aspecto brechóide, com leitos betuminosos encerrando pisólitos de calcário. A olho nú, a rocha é desprovida de sulfetos e uma amostra analisada revelou teores muito baixos de chumbo e zinco. Sobre o conglomerado repousa uma camada de siltito cinza a amarronzado, algo

argiloso friável e laminado (fig. 8). Cerca de 13 metros acima do contato superior do conglomerado jaz uma marga negra betuminosa fossilífera, com laminação recurvada por conter "blhos" e pisólitos calcários. Nela foram observados cristais alongados de galena alojados entre as lâminas betuminosas ou no contato dos leitos calcários com as lâminas. A marga tem 0,4 metro de espessura; no topo está em contato com arenito fino amarelado e na base com folhelho cinza. A análise química de 1 amostra revelou 1% Pb e 0,15% Zn. Esse último nível mineralizado está apenas a cerca de 30 metros da base da facies carbonatada, caracterizada pela primeira camada de calcário laminado.

6.2.3 - São Felipe (nº 3)

A ocorrência de São Felipe, está situada a nordeste do povoado do mesmo nome, município de Brejo Santo, folha de São Felipe, quadrícula de Crato. O acesso pode ser feito de duas maneiras: a partir da cidade de Brejo Santo percorre-se cerca de 18 quilômetros por estrada secundária no rumo sudoeste até a localidade de São Felipe de onde toma-se o riacho Olho d'Água da Pedra e a uma distância da ordem de 2 quilômetros a jusante alcança-se a ocorrência. Cerca de 600 metros abaixo encontra-se a confluência desse riacho com o de São Felipe para formar o riacho Olho d'Água do Milho. O outro itinerário pode ser feito da cidade de Missão Velha por 32 quilômetros através de estrada carroçável no rumo SSE passando pela vila de Jamacaru e atravessando a serra de São Felipe até o povoado homônimo; daí segue-se pelo riacho Olho d'Água da Pedra e a cerca de 2 quilômetros a jusante encontra-se a ocorrência. A mesma posiciona-se na cota aproximada de 550 metros.

Esta ocorrência foi citada por Viana et alii(1970) em breve comunicação no Congresso Brasileiro de Geologia de Brasília, considerando a mineralização como teletermal. Posteriormente, Farina (op. cit.) efetuou estudos mais pormenorizados, correlacionando-a com outras ocorrências da área.

Aqui a camada mineralizada é representada apenas por um nível com espessura média de 0,30 metro, formado pela alternância de leitos calcários margosos e leitos betuminosos em contato topo e base com folhelho cinza algo calcífero, cujo conjunto está intercalado em arenitos finos a grosseiros, amarelados, com estratificação cruzada de caráter fluvial, encerrando níveis de siltito e folhelho (vide fig. 9). Os leitos de calcário margoso, têm cor creme, por vezes com aspecto nodular e sua espessura varia de 1 milímetro a 2 centímetros. Os leitos betuminosos têm cor cinza escura, com laminação algo corrugada, impregnados de pontuações esbranquiçadas de ostracodes.

A mineralização visível é de galena, que ocorre disseminada na rocha sob a forma de cristais milimétricos, atingindo no máximo 2 milímetros de diâmetro. A esfalerita e pirita também estão presentes em cristais submilimétricos. A análise química de uma amostra revelou 0,46% de chumbo e apenas 0,04% de zinco.

6.2.4 - Carrancudo (nº 4)

A ocorrência de Carrancudo, também investigada por Farina (op. cit.), localiza-se no leito do riacho do mesmo nome no município de Missão Velha, folha Jamacaru, quadrícula de Crato. O acesso é feito da cidade de Missão Velha pela es-

trada carroçável para o povoado de Jamacaru por um percurso da ordem de 17 quilômetros; desse ponto segue-se a pé no rumo sudoeste por cerca de 2 quilômetros até o local da ocorrência.

A camada mineralizada é representada apenas pela marga betuminosa, pois nesta ocorrência o conglomerado calcário não aflora. Está intercalada em folhelho cinza, que por sua vez está contido nos arenitos amarelo-avermelhados, finos a médios, com níveis subordinados de siltitos, que constituem a facies arenosa (vide fig. 10).

A marga betuminosa de Carrancudo foi a que apresentou o maior teor tanto em chumbo como em zinco dentre todas as demais investigadas, obtendo-se 2% de chumbo e 0,7% de zinco. Sua altitude é da ordem de 544 metros.

A marga betuminosa com espessura média de 0,20 metro, posiciona-se a 70 metros da base do primeiro nível de calcário laminado pertencente a facies carbonatada. A rocha é cinza escura, com estrutura laminar onde se observa uma alternância de faixas escuras e faixas esbranquiçadas, contendo diminutos cristais visíveis de galena e pirita disseminados. A rocha é rica em ostracodes e na sua parte inferior há grande concentração de pisólitos de calcário, com diâmetro médio de 1 centímetro. Pelos estudos macro e microscópicos a rocha pode ser classificada como ostracode-biomicro betuminoso com sulfetos metálicos.

Através da lupa denota-se que nas faixas escuras o material abiótico pelítico predomina, havendo bioturbação da laminação pela presença dos ostracodes, e nas faixas claras há maior quantidade de material biótico, representado também por

ostracodes, os quais muitas vezes são substituídos por minerais metálicos. Na lâmina delgada, a rocha tem o mesmo aspecto visto na lupa, tratando-se de uma massa microcristalina de carbonato sob a forma de carapaças de ostracodes e pequenos intraclastos, ligados por uma matriz de hidromica e matéria orgânica.

A análise por seção polida evidencia a bioturbação, textura micrítica e framboidal, tendo sido identificados os seguintes minerais opacos: pirita, marcassita, galena, esfalerita e calcopirita. A pirita é o sulfeto de ferro dominante e ocorre sob a forma framboidal ou ovóide, substituindo ostracodes juntamente com grãos de esfalerita; pontuações microcristalinas de pirita framboidal também ocorrem por toda a rocha. A marcassita está associada a pirita onde forma um pequeno leito interno com textura coloforme, indicando possivelmente uma precipitação coloidal. Os cristais de galena apresentam bordas irregulares e substituem parcialmente as carapaças de ostracodes. A esfalerita ocorre em diminutos cristais dispersos na massa, isolados ou associados a pirita; alguns cristais apresentam intercrescimentos com calcopirita, provavelmente por exsolução.

6.2.5 - Gameleira (nº 5)

A ocorrência situa-se no leito do riacho Piedade, próximo da vila Gameleira, no município de Missão Velha, folha Jamacaru, quadrícula de Crato. O acesso é feito a partir da cidade de Barbalha por 28 quilômetros através da estrada secundária que passa sobre a chapada do Araripe até a vila de Gameleira. Desta, percorre-se cerca de 3 quilômetros a pé no rumo norte até o local da ocorrência, que está numa cota de 530 metros.

A zona mineralizada consta de um conglomerado calcário com 0,4 metro de espessura e da marga betuminosa com 0,3 metros de potência, subjacente ao mesmo (vide foto 12). Na base da marga ocorre um folhelho avermelhado e no topo do conglomerado uma cobertura de solo areno-argiloso; o conjunto, como nas demais ocorrências, está intercalado por arenitos amarelo-avermelhados da facies arenosa (vide fig. 18).

O conglomerado é creme de aspecto brechóide, muito duro, com leitos betuminosos ondulados e geodos de calcita e gipsita esbranquiçados. As superfícies de contato inferior e superior são algo irregulares e onduladas. Os seixos calcários são subarredondados e subangulares, atingindo cerca de 15 centímetros de diâmetro. A galena, o único sulfeto visível, em cristais milimétricos, ocorre preferencialmente ao longo de vênulas de calcita neoformada. Os seixos constituem-se de calcita microcristalina e são cimentados por material betuminoso e carbonatado. Ao microscópio a rocha compõe-se de calcita, betume, esfalerita, pirita e provavelmente colofana. A massa microcristalina dos seixos mostra vestígios de carapaças de ostracodes. Na porção betuminosa, além de calcita e ostracodes, assinala-se aglomerados de cristais, as vezes automórficos, de esfalerita. A pirita ocorre disseminada na massa em cristais microscópicos. A análise química de duas amostras indicou teores muito baixos de chumbo e zinco. Pelo exame microscópico a rocha foi denominada de cenuconglomerado calcário micrítico-espárico.

A marga betuminosa é cinza escura, rica em ostracodes ocasionando fenômeno de bioturbação na laminação e com pequenas marcas de pirita, alongadas e paralelas a laminação.

COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA DA SEÇÃO MEDIDA NO RIACHO
PIEDADE, SÍTIO GAMELEIRA-MUNICÍPIO DE MISSÃO VELHA-CEARÁ

F O L H A	E S C A L A	F I G U R A
JAMACARU-SB.24-Y-D-III-4-SO	1 : 100	18

PERÍODO	ANDAR	FORMAÇÃO	FACIES	ALTITUDE (m)	ESPESSURA (m)	ESTRUTURA	SIMBOLOGIA GRÁFICA	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	
C R E T Á C E O	A P T I A N O I N F E R I O R	M I S S Ã O V E L H A	A R E N O S S A					Cobertura	
					550,0	3			Arenito amarelado, conglomerático, friável, imaturo, com manchas brancas de caulim, seixos de quartzo
					547,0	5		Cobertura	
					542,0	6			Arenito amarelado, conglomerático, com fragmentos de feldspato, quartzo, seixos de argilito e leitos ferruginosos
					536,0	1			Arenito amarelado, grosseiro, imaturo, com manchas caulínicas, seixos de quartzo e de argilito
					535,0	4		Cobertura	
					531,0	0,4			Conglomerado calcário creme, brechóide com leitos betuminosos e cristais de galena
					530,6	0,3			Marga negra, betuminosa, laminação ondulada, pisólitos de calcário, ostracóides e pólen
					530,3	2			Folhelho avermelhado, mole, com pintas de muscovita
					528,3	3		Cobertura	
					525,3	4			Siltito cinza esverdeado, laminado, em parte calcífero, lamelas de muscovita e seixos ovóides de folhelho
					520,3	5		Cobertura	
					515,3	35			Arenito avermelhado, médio, imaturo, com manchas caulínicas e seixos de quartzo.
	480,3	+100		Arenito amarelo-avermelhado, médio a grosseiro, com estratificação cruzada, friável, poroso e permeável, algo imaturo com micas, fragmentos de feldspato e de rocha					

Na parte inferior apresenta numerosos pisólitos de calcário com diâmetro da ordem de 1 centímetro. A análise química de uma amostra acusou teores de chumbo e zinco superiores as amostras do conglomerado, 0,13% e 0,29% respectivamente.

6.2.6 - Correntinho (nº 6)

A ocorrência do sítio Correntinho localiza-se na margem direita do riacho do Saco, no município de Barbalha, folha Barbalha, quadrícula de Crato. Da cidade de Barbalha toma-se estrada carroçável até o sítio Correntinho por cerca de 9 quilômetros, alcançando-se o leito do riacho. O local da ocorrência está aproximadamente a 300 metros a jusante daquele ponto e sua cota aproximada é de 450 metros.

A situação litológica-estratigráfica é idêntica a das demais ocorrências, com a zona mineralizada constituída por conglomerado calcário brechóide no topo e marga betuminosa na base (foto 13); no contato inferior da marga repousa uma camada de folhelho cinza, algo calcífero e sobre o conglomerado existe apenas solo. Esta micro-sequência está intercalada num espesso pacote de arenito cinza a amarelado, fino a médio (vide fig. 11).

O conglomerado calcário tem 0,4 metro de espessura e encontra-se a cerca de 92 metros da base da facies carbonatada. A rocha tem cor creme, muito dura, com leitos betuminosos entre os seixos e sua superfície de contato é algo irregular ou ondulada; contém ainda grandes drusas de calcita branca. Os seixos calcários subarredondados a subangulosos alcançam até 10 centímetros de diâmetro e por vezes têm aspecto nodular. O cimento consta de betume e de uma massa

microcristalina de calcita. A rocha contém disseminações de diminutos cristais de galena visíveis; encontrou-se um aglomerado de cristais de galena com 5 milímetros de comprimento associado a veios de calcita diagenética com 2-3 milímetros de espessura. A análise química de duas amostras ~~acusaram~~ teores muito baixos de chumbo e zinco.

A marga betuminosa é cinza escura, laminada, rica em ostracodes e com numerosos pisólitos de calcário na base que atingem até 2 centímetros de diâmetro. Tais pisólitos examinados sob a lupa mostram um crescimento radial em torno de um núcleo formado por uma massa compacta ou terrosa de calcário ou ainda por aglomerado de carapaças de ostracodes. Nos bordos destas zonas radiais ocorre uma faixa concêntrica, contendo áreas de recristalização de calcário em rombos hialinos e pontuações de pirita. Na marga não foram observadas mineralizações sulfetadas nos afloramentos.

6.2.7 - Fundão (nº 7)

A ocorrência de Fundão localiza-se no leito do riacho do mesmo nome, a oeste da cidade de Crato, no município, folha e quadrículas homônimas. Da cidade de Crato toma-se estrada até o sítio Fundão por um percurso de 4,5 quilômetros; daí segue-se a pé pelo riacho e a cerca de 400 metros a montante encontra-se a ocorrência. Sua cota aproximada é de 462 metros.

Repete-se a mesma sequência que encerra a zona mineralizada nas demais ocorrências; o conglomerado calcário se sobrepõe a marga betuminosa (foto 14), ambos intercalados em folhelho cinza, por sua vez inclusos em espesso pacote de arenito avermelhado com níveis subordinados de siltitos e

folhelhos. A zona mineralizada está a uma distância da ordem de 67 metros da base da facies carbonatada (vide fig. 12).

O conglomerado de Fundão foi o que apresentou mais galena do que os demais estudados, com cristais de até 3 milímetros de diâmetro disseminados na massa. Trata-se de uma rocha creme com espessura média de 0,3 metro, de aspecto brechóide, muito dura, constituída por fragmentos angulares a subarredondados de calcário microcristalino, com dimensões variáveis que alcançam 10 centímetros de diâmetro, cimentados por calcário microcristalino, leitos e lâminas betuminosas, hidróxido de ferro e calcita romboedral. Nestas áreas irregulares de cimentação ocorrem massas de galena pura. Geodos preenchidos por pequenos cristais de calcita automórfica são frequentes. Nota-se também raros e grandes cristais cinza esverdeado escuro, com nítida clivagem, que ao microscópio foi identificado como ankerita.

No exame de lupa de uma amostra do conglomerado observa-se que os fragmentos são heterocristalinos, podendo ocorrer massas criptocristalinas, micríticas e áreas recristalizadas em rombos cremes transparentes, espáricos. Ao microscópio observam-se, além desses fatos vistos na lupa, que o cimento penetra pelas fraturas e contém pontuações opacas milimétricas. A seção polida revela a presença de galena, pirita, esfalerita e calcopirita. O opaco dominante é a galena, ocorrendo sob a forma de massas puras um pouco deformadas e disseminadas por toda a rocha. A pirita se apresenta em grãos irregulares, substituindo parcialmente o material carbonático. Alguns grãos associam-se a limonita e outros a esfalerita. A esfalerita ocorre em pontuações xenomórficas, muito dispersas ;

apresenta intercrescimento de calcopirita e provavelmente de pirrotita, ambos de granulação muito fina. A análise química de uma amostra desse conglomerado acusou o teor máximo de chumbo (2,11%) de toda a área prospectada.

A marga betuminosa tem cor cinza, espessura máxima de 0,5 metro, laminada, com leitos milimétricos de calcário ostracodal creme, e pisólitos de calcário. A laminação mostra bioturbação devido a formas ovóides de ostracodes. Existem partes em que mais da metade do volume da rocha são constituídas de carapaças de ostracodes, encontrando-se ainda grãos de quartzo hialino, angulosos, neoformação de lamelas de mica numa massa argilo-ferruginosa. Entre as lâminas betuminosas por vezes desenvolve-se uma cristalização diagenética de lamelas de gipsita. Foram constatadas diminutas massas pirritosas alongadas segundo a laminação. A vista desarmada não se encontrou galena nem esfalerita nesse nível, mas a análise química de três amostras indicaram um máximo de 0,5% Zn e 0,03% Pb.

6.2.8 - Bois (nº 8)

Do ponto de vista estratigráfico, esta ocorrência posiciona-se em nível mais elevado do que as demais, encontrando-se apenas a 10 metros da base da facies carbonatada. Ocorre no leito do riacho dos Bois, a oeste da cidade de Porteiras, folha de Jardim Mirim, quadrícula de Crato. Da cidade de Porteiras toma-se estrada carroçável para a fazenda Barriguda por um percurso de 4,8 quilômetros; daí alcança-se o riacho dos Bois, afluente da margem direita do riacho da Barriguda, percorrendo-se até o local cerca de 650 metros a pé. A ocorrência está a cerca de 580 metros de altitude.

Trata-se de uma marga betuminosa mineralizada em galena, intercalada em folhelho, bem próximo do contato superior da facies arenosa (vide fig. 19). A marga com espessura média de 0,20 metro, muito rica em ostracodes, contém leitões e concreções calcárias centimétricas, os quais se alternam com lâminas betuminosas bioturbadas. A mineralização é encontrada principalmente dentro das concreções, as quais encerram vênulas e pequenas drusas de calcita transparente com cristais submilimétricos de galena. O resultado analítico de uma amostra indicou teores muito baixos de chumbo e zinco.

A cerca de 1,4 quilômetros em linha reta no rumo SSE da ocorrência do riacho dos Bois, ocorre no riacho do Cumbe outro nível de marga betuminosa, com espessura da ordem de 0,4 metro, mas nos afloramentos não foram observadas mineralizações. Suas características litológicas são análogas as demais, porém a posição estratigráfica é a mais elevada de todas as outras investigadas, situando-se imediatamente abaixo do primeiro horizonte de calcário laminado pertencente a facies carbonatada.

6.2.9 - Taboca (nº 9)

A ocorrência do sítio Taboca encontra-se no leito do riacho Baixio, no município de Crato, folha Santa Fé, quadrícula de Santana do Cariri. O acesso pode ser feito a partir da cidade de Crato no rumo noroeste percorrendo-se 22 quilômetros através de estrada secundária até a fazenda Santa Rosa; daí toma-se um caminho para o sítio Taboca onde se alcança o local após um percurso de 3 quilômetros. A ocorrência está numa cota aproximada de 530 metros.

COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA COMPOSTA DAS SEÇÕES MEDIDAS NOS RIACHOS DA PASSAGEM OU DA BARRIGUDA E DOS BOIS, MUNICÍPIO DE PORTEIRAS-CEARÁ

F O L H A	E S C A L A	F I G U R A
PORTEIRAS - SB 24-Y-D-VI-2-NE	1 : 100	19

PERÍODO	ANDAR	FORMAÇÃO	FACIES	ALTITUDE (m)	ESPESSURA (m)	ESTRUTURA	SIMBOLOGIA GRÁFICA	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA
CRETÁCIO	APTIANO / ALBIANO	SANTANA	CARBONATA DA	649.0	20			Cobertura
				629.0	3			Arenito cinza a amarelado, médio, decomposto
CRETÁCIO	APTIANO INFERIOR	MISÃOVELHA	ARENOSA	617.0	12			Cobertura
				614.0	3			Arenito amarelado, médio, friável, não calcífero, poroso e permeável, com lamínulas de muscovita
				599.0	15			Cobertura
				597.0	2			Calcário creme, laminado, compacto
				595.0	2			Intercalação de siltito e folhelho creme, com muscovita, em parte calcífero
				593.0	3			Cobertura
				590.0	5			Calcário creme, laminado, compacto, com raros pequenos fósseis de peixe
				580.0	10			Folhelho cinza, em parte síltico, com pintas de muscovita
				579.8	0.20			Marga cinza escura, betuminosa, laminada, fossilífera, com galena e pirita, leitões e concreções de calcário creme
				569.8	10			Folhelho cinza, em parte amarronzado, algo síltico, mole
				564.8	5			Intercalação de folhelho e siltito argiloso, laminado, ambos amarronzados e com pintas de muscovita
				558.8	6			Siltito amarronzado, laminado, com pintas de muscovita, em parte calcífero
				543.8	15			Arenito avermelhado, fino a médio, friável, poroso, permeável, com seixos ovóides de folhelho e intercalações argilosas cinza esverdeados
				543.3	0.5			Marga creme, laminada, decomposta
				542.8	0.6			Arenito avermelhado, fino a médio, friável, poroso e permeável
				536.8	6			Folhelho amarronzado, com pintas de muscovita e seixos ovóides esverdeados de argilas
				534.8	2			Arenito amarelado, fino, friável
533.8	1			Siltito creme, laminado, friável, com lamínulas de muscovita				
530.8	3			Arenito avermelhado, fino a médio, friável, com níveis argilo-sílticos				
528.8	2			Cobertura				
UN. INF.				100	+			Arenito amarelado a esbranquiçado, médio a grosseiro, friável, poroso, e permeável, imaturo, com muscovita, biotita, telúspato caulinizado e pequenos seixos de quartzo

Atualmente a ocorrência está a jusante da barragem de um açude construído em 1970 e os afloramentos que existiam foram totalmente encobertos pelas aluviões arenosas acumuladas nas vazantes. Foram abertos dois pequenos poços de pesquisa os quais até a profundidade de 1 metro apresentaram apenas solo aluvionar, tendo sido interrompido o trabalho por causa da infiltração d'água. O posicionamento estratigráfico desta ocorrência é idêntico as demais citadas nesse trabalho, ou seja, intercalada na facies arenosa (vide folha SB. 24-Y-D-II-2-SE). Casselanne (op. cit.)¹⁹⁶⁵ foi quem primeiro estudou as mineralizações de sulfetos metálicos de Taboca e os dados apresentados a seguir são baseados naquele autor.

A camada mineralizada, com possança de 1-1,5 metro é formada por sedimentos laminados betuminosos, concreções calcárias e brecha sin-sedimentar, intercalados em arenitos argilosos, margas e argilas. A sucessão de minerais metálicos é representada por galena, esfalerita, pirita, marcassita e melnicovita. A esfalerita é menos abundante que a galena, e rara nos leitos betuminosos. A pirita ocorre dispersa sob a forma de uma infinidade de pontuações nos calcários, em raros cubos ou agregados sem forma definida. A marcassita é muito menos frequente que a pirita, sendo observada em calcários, formando auréolas ao redor dos nódulos de pirita. Carapaças de ostracodes substituídas por marcassita e blenda parecem indicar transformações a baixa temperatura. A presença de melnicovita, pirita framboidal, blenda e marcassita epigenéticas, ostracodes e outros fatos sugerem uma mineralização sin-sedimentar, remobilizada durante a diagênese. O teor do banco mineralizado deve ser de algumas unidades por cento de chumbo e zinco.

6.2.10 - Condicionamentos das Mineralizações Sulfetadas

Os caracteres que posicionam ou favorecem as mineralizações sulfetadas em chumbo e zinco da bacia sedimentar do Araripe são relacionados abaixo sob a designação geral de metalotectos, os quais são divididos em regionais e locais. Os regionais mostram os condicionamentos em quadro bem amplo onde são destacados os objetos geológicos, estruturais, estratigráficos e sedimentológicos. Os metalotectos locais são mais diretamente ligados a mineralização e neles são considerados o litológico, o biológico, o geoquímico, o físico, o geométrico, o diagenético, o topográfico e o paleogeográfico.

Metalotecto geológico- Sequência sedimentar formada por dois espessos pacotes de arenitos de caráter fluvial a flúvio-lacustre aos quais se intercalam uma sucessão essencialmente química, composta de calcários laminados e gipsita, e calco-pelíticos com margas, siltitos e folhelhos, mais ou menos calcíferos. A zona mineralizada está encaixada na parte superior do pacote basal de arenitos.

Metalotecto estrutural- Sequência sedimentar com estratos sensivelmente horizontais, denotando-se apenas juntas verticais e suaves arqueamentos e ondulações de grande amplitude. Diastrofismos do tipo orogenético bem como manifestações magmáticas não afetaram a sequência.

Metalotecto estratigráfico- A zona mineralizada está posicionada na facies arenosa, de idade Aptiano Inferior, correspondendo a parte superior da Formação Missão Velha de Beurlen (op. cit.), também denominada de Formação Sergi por Braun (op. cit.).

Metatotecto sedimentológico- No plano geral, trata-se de duas sequências litológicas em "I" separadas por uma sequência positiva oscilante, estando a zona mineralizada posicionada no final da primeira sequência em "I", associada a sedimentos argilo-orgânico-carbonatados.

Metatotecto litológico- Arenitos intercalando folhelhos que por sua vez encerram o horizonte mineralizado, constituído por um conglomerado brechóide com delgados leitos e lâminas betuminosas e por uma marga betuminosa com pequenas lentes ou "olhos" de calcário e pisólitos de calcário. De uma maneira geral, as litofacies carbonosas são consideradas como favoráveis às mineralizações sulfetadas estratiformes.

Metatotecto biológico- Caracterizado pela presença de material betuminoso e fossilífero tais como restos de peixes, de vegetais, ostracodes e elementos palinomorfos na zona mineralizada. Provavelmente os íons metálicos Pb, Zn, Cu e Fe foram fixados pela matéria orgânica e por micro-organismos e ficaram retidos graças ao envelope argiloso impermeável.

Metatotecto físico- Ações dinâmicas de paleocorrentes caracterizadas pela presença de conglomerados calcário de aspecto brechóide, de marga betuminosa com leitos corugados e com pisólitos de calcário e fragmentos de fósseis. Além disso os contatos inferior e superior, principalmente este último, apresentam ondulações locais.

Metatotecto geométrico- Disposição simétrica da zona mineralizada com repetição de clásticos similares acima

e abaixo da mesma.

Metalotecto diagenético - Os fenômenos subseqüentes à fixação dos íons metálicos Pb, Zn, Cu e Fe tais como compactação e diagênese, aliadas a existência de um meio fortemente redutor e também a atividade de bactérias anaeróbicas, desencadearam as reações necessárias à formação de sulfetos metálicos.

Metalotecto topográfico- A zona mineralizada está situada na parte mais baixa de um relevo de encosta, cujas cotas daquela zona variam de 460-550 metros em ordem de crescente de leste para oeste.

Metalotecto paleogeográfico- Segundo Nicolini (op. cit.) numerosas concentrações plumbo-zincíferas estão relacionadas com paleo-relevos; de uma maneira geral, parece que as mineralizações estratiformes de Pb-Zn estão ligadas a formas positivas do substrato. Quanto a área mapeada não se obteve dados conclusivos a esse respeito, porém, pelos estudos realizados deduz-se que os sedimentos que formam a zona mineralizada foram depositados numa bacia intracontinental restrita durante uma episódica incursão marinha, onde reinava também um ambiente sapropélico. A influência marinha é evidenciada pela identificação de fósseis daquele meio nos sedimentos.

6.2.11 - Aspectos Genéticos

Sobre a origem das mineralizações sulfetadas em chumbo e zinco torna-se necessário a abordagem da procedência dos íons metálicos, a formação da galena e da esfaleri

ta e das rochas hospedeiras. Tendo em vista que as ocorrências sulfetadas estão situadas em sedimentos não afetados por fenômenos orogenéticos, magmáticos e metamórficos, é lícito enquadrá-las no âmbito puramente sedimentar.

Com relação a fonte dos metais existem três hipóteses principais: a) Aporte continental pela drenagem superficial; b) aporte continental por drenagem subterrânea, ligada ou não a exalações magmáticas e c) aporte através da água do mar. A segunda hipótese é menos provável na área em estudo uma vez que o horizonte mineralizado está contido numa camada argilosa e conseqüentemente impermeável a percolação de soluções ascendentes e por outro lado inexistente qualquer evidência de atividade de caráter magmatogênico.. É provável que os íons metálicos tenham sido oriundos da drenagem superficial e também da água do mar. Conforme mencionado por Cassedanne (op. cit.) o embasamento cristalino da região foi intensamente erodido e nele são conhecidas algumas ocorrências de sulfetos metálicos as quais foram reduzidas ao estado de indícios residuais. O evento marinho que ocorreu na bacia durante a sedimentação das rochas hospedeiras deve ter contribuído com íons metálicos em solução. Tais íons foram fixados pela matéria orgânica presente em grande quantidade no sedimento.

Os fenômenos subsequentes de diagênese em condições particulares em virtude do desenvolvimento de um meio fortemente redutor, desencadearam as reações necessárias a formação de sulfetos metálicos. Este processo singenético ocorre, segundo Nicolini (op. cit.) mediante as seguintes condições particulares: desenvolvimento de um meio re-

dutor durante a sedimentação; atividade subsequente de bactérias anaeróbicas geradoras de sulfetos; retenção sob a forma de sulfetos de Fe, Cu, Pb e Zn, normalmente presentes em vasas de zonas pobres em oxigênio ou aportadas por fontes termais; incorporação e conservação dos sulfetos nos sedimentos no curso da diagênese. Denota-se que estes condicionamentos determinantes são inerentes a micro-sequência mineralizada da área do Projeto, com exceção do aporte através de fontes termais. Temple, 1964 (in Farina, op. cit.), explica a formação de volumosos depósitos de sulfetos singenéticos pela razão de redução de sulfato, procedida através de microrganismos. As conclusões de Rickard (1973) (in Farina op. cit.), reforçam a hipótese de depósitos de sulfetos singenéticos sedimentares na área em estudo. Aquela autor preconiza que a produção bacteriogênica de sulfetos metálicos em sedimentos é suficiente para formar concentrações em teores de minério; máximos fluxos de sulfetos são produzidos com elevadas concentrações de carbono orgânico e com granulometrias finas dos sedimentos; pelo menos 0,1% de carbono orgânico é requerido para produzir depósitos de sulfetos com mais de 1% de conteúdo metálico; uma fonte adicional de metal acima do normalmente contido na água do mar é essencial, e a erosão de rochas continentais ricas em metais constitui uma fonte possível.

Entre os caracteres diagenéticos da zona mineralizada destacam-se os fenômenos de substituição, intercrescimento e exsolução de sulfetos metálicos, o idiomorfismo de cristais, zonas de contornos irregulares ou deformados e associação com calcita neoformada, preenchendo micro-fraturas. Estruturas diagenéticas também estão presentes tais como

concreções, nódulos e pisólitos calcários, pirita esferulítica e geodos de calcita com pontuações metálicas.

Os sedimentos que deram origem as rochas hospedeiras das mineralizações são de natureza pelítica e bioquímica, depositados em ambiente misto, ou seja, continental mas com influência marinha, provavelmente do tipo lagunar. Em primeiro lugar houve a sedimentação de leitos calcários ostracodais alternados com leitos mais ricos em material orgânico e argiloso, responsáveis pela formação da marga betuminosa, laminada, com inclusões lenticulares de calcário. Em seguida, houve dominância de deposição química em relação a bio-pelítica, originando uma camada de calcário. Posteriormente, mediante uma provável oscilação da crosta, talvez um ligeiro movimento epirogênico, ocasionou o fraturamento da camada calcária a qual atualmente se apresenta como um conglomerado calcário de aspecto brechóide. As características de um conglomerado intraformacional sin-sedimentar são evidenciadas pelos seixos calcários angulosos e pelo cimento formado de idêntico material que constitui os seixos e por matéria orgânica provavelmente proveniente do nível de marga betuminosa subjacente.

6.3 - Argilas

Na área do Projeto Santana existem numerosos níveis argilosos distribuídos pelas diversas unidades mapeadas nos Estados de Pernambuco, Piauí e principalmente no Ceará onde aflora a sequência sedimentar completa da bacia do Araripe. Do ponto de vista econômico, os depósitos mais importantes pertencem a facies arenosa (Kmva) e a unidade in-

ferior da Formação Missão Velha (Kmvi). As atividades extrativas estão restritas aos níveis argilosos intercalados nessas duas últimas unidades, as quais são lavrados em três localidades distintas pelas duas principais cerâmicas da região, a Cerâmica Norguaçu-S.A., com fábrica instalada na cidade de Crato, e a CECASA - Cerâmica do Cariri S/A., com sua indústria na cidade de Barbalha. A primeira produz exclusivamente pisos cerâmicos e a CECASA fabrica além de pisos, tijolos, telhas e manilhas. Em Crato existe ainda uma pequena cerâmica a CECAL que produz tijolos e telhas.

Pela qualidade dos produtos elaborados a partir dessa matéria prima depreende-se que as argilas usadas são bem apropriadas para cerâmica vermelha. Esta assertiva é corroborada pelas características mineralógicas evidenciadas por Moraes et al (1973) através de análises por difração de raios-X de diversas amostras, as quais revelam que os depósitos são constituídos essencialmente de caulinita, ocorrendo ainda minerais do grupo das micas, montmorilonita, quartzo e pequenas e esporádicas quantidades de feldspato. A espessura dos depósitos varia de 3-8 metros, mas existem camadas com espessura estimada de 15 metros; sua extensão é variável, mas em alguns locais o mapeamento geológico evidenciou uma continuidade por vários quilômetros, como acontece na região de Nova Olinda. No local das jazidas o capeamento é desprezível, atingindo no máximo 2 metros de espessura, sendo formado pelo solo.

A Norguaçu opera duas jazidas uma situada no sítio Cafundó, município de Crato, e a outra no sítio Grossos ou Jurema, município de Nova Olinda. Esses dois depósi

tos foram cadastrados pelo pessoal do Projeto e receberam os números de ordem 10 e 11 nas fichas de cadastro de ocorrência mineral, fotos aéreas e mapas geológicos anexos.

A jazida de Cafundó (nº 10) dista cerca de 1 quilômetro a sul da cidade de Crato. Trata-se de um argilito marrom claro, pouco consistente, algo fraturado e laminado, não calcífero, com espessura da ordem de 6 metros. Apresenta manchas e listras brancas horizontais; no topo o argilito tem tons esverdeados e na base tons amarelados; o capeamento é praticamente inexistente.

A mina do sítio Grossos (nº 11) localiza-se a 2,5 quilômetros a oeste da cidade de Nova Olinda na margem esquerda da estrada para o povoado de Aratama. O depósito é formado por uma camada de argilito, em parte laminado, de cor amarronzada a esverdeada, de fraca consistência, não calcífero, encerrando lentes esparsas de calcário margoso creme, com comprimento variando de 0,30-1,0 metro e espessura de 5-20 centímetros, e concreções calcárias de dimensões variadas. Superficialmente, tanto o argilito como as lentes calcárias margosas apresentam manchas negras de óxido de ferro e manganês. O argilito contém fragmentos decimétricos semelhantes a madeira fossilizada com fibras radiais carbonatadas. A espessura máxima do depósito é de 8 metros, mas para toda área adjacente estima-se uma potência de 15 metros.

Embora situada fora da área mapeada, foi visitada a jazida de argilas da CECASA, situada no município de Crato, a cerca de 8 quilômetros daquela cidade, na margem direita da rodovia asfaltada para Farias Brito. O depósito é constituído por um argilito, em parte laminado, de coloração mar

rom, não calcífero, com espessura média em torno de 3 metros. A camada argilosa está intercalada nos arenitos que compõem a unidade inferior da Formação Missão Velha.

As facies carbonatada e argilo-síltica e evaporítica também apresentam vários níveis argilosos de espessura muito variável, podendo atingir um máximo de 10 metros, porém, muitos deles são impuros e mais ou menos calcíferos. Essas ocorrências se distribuem por toda a área mapeada, mas nunca foram aproveitadas, salvo para confecção artesanal e rudimentar de tijolos, e massas para casas de taipa. As camadas argilosas calcíferas poderiam ser usadas na indústria de cimento. Por outro lado, níveis mais puros que existem nas duas facies e sobretudo na parte intermediária a superior da facies arenosa, parecem ser apropriados para cerâmica vermelha.

6.4 - Celestita

No município de Santana do Cariri, Estado do Ceará, foram cadastradas três ocorrências de um mineral denso, de cor esbranquiçada, brilho vítreo, clivagem perfeita, baixa dureza, formado por um agregado de cristais por vezes centimétricos, identificado como celestita através de análise por difração de raios-X.

Como se sabe, a celestita é o mais importante mineral de estrôncio e a principal fonte deste elemento. Os minerais de estrôncio (celestita e estroncianita) são convertidos em compostos químicos e empregados sobretudo em

munições pirotécnicas tais como balas sinalizadoras e traçadoras, largamente utilizadas por unidades militares; em segundo lugar, os compostos de estrôncio são usados no refino do zinco, como agente purificador do metal. Espera-se um acréscimo substancial no consumo por causa da sua mais nova utilização em tubos de televisores a cor, sob a forma de carbonato de estrôncio. O maior produtor mundial de celestita é a Inglaterra, cujo produto é comercializado com um conteúdo médio superior a 90% de sulfato de estrôncio. As especificações dos maiores consumidores de celestita para uso químico são geralmente um mínimo de 95% de SrSO_4 , com um máximo de 3% de CaSO_4 e 1% de BaSO_4 . Para emprego na purificação do zinco as especificações são menos rígidas.

Os depósitos comerciais dos minerais de estrôncio ocorrem associados a rochas sedimentares sob a forma de camadas, veios, nódulos ou massas irregulares. A sua associação com evaporitos já foi notada em várias partes do mundo. Analogamente, as três ocorrências cadastradas além de estarem numa ambiência unicamente sedimentar, posicionam-se no topo da facies carbonatada e imediatamente abaixo da camada de gipsita.

As ocorrências estudadas se distribuem no terreno sob a forma de blocos quase "in situ" de dimensões variadas, atingindo até 30 centímetros de diâmetro e em nenhuma delas foi observada a camada ou veio. Pelas dimensões dos blocos e sua distribuição no terreno parece tratar-se de lentes restritas com 50-100 metros de comprimento e 30-40 centímetros de espessura.

As ocorrências estão identificadas pelos núme-

ros 12, 13 e 28 nas fichas de cadastro de ocorrência mineral, fotos aéreas e mapas geológicos anexos. A de número 28 corresponde a mina de gipsita de Conceição Preta e recebeu a mesma identificação por se encontrar na base do evaporito. A celestita de Conceição Preta foi descoberta casualmente pelos mineiros quando fizeram uma escavação num local da mina para saber a profundidade da gipsita até o seu contato inferior. Atualmente essa escavação encontra-se entulhada e os blocos de celestita foram acumulados ao lado da mina. Esta se localiza a cerca de 2 quilômetros a sudeste da cidade de Santana do Cariri por estrada carroçável; daí toma-se caminho a direita por um percurso a pé da ordem de 250 metros.

A ocorrência do Sítio Casa de Pedra (12) situa-se a 1,6 quilômetros da cidade de Santana do Cariri pela estrada para Nova Olinda; daí toma-se um caminho a esquerda de rumo norte por mais 1,3 quilômetros; a cerca de 50 metros a leste desse ponto encontram-se blocos de celestita espalhados numa área estimada de 60 m x 40 m. O terreno é localmente aplainado e sobre ele há uma quantidade de blocos de celestita bem maior do que nas outras duas ocorrências estudadas.

A ocorrência de Brejo Grande localiza-se a cerca de 750 metros ao norte daquele povoado, na meia encosta de um morrote situado na margem oeste da carroçável. Ocorrem apenas pequenos blocos de celestita dispersos sobre o solo, numa área aproximada de 10 m x 30 m.

O quadro a seguir (fig. 20) traz o resultado da análise química quantitativa de três amostras, coletadas em cada

ANÁLISES QUÍMICAS DE CELESTITA

Nº ORDEM	Nº AMOSTRA	TOPONÍMIA	FOLHA - NOME E SIMBOLOGIA	% SrO	% SO ₃	% BaO
12	JF-635	Sítio Casa de Pedra	Santana do Cariri SB.24-Y-D-II-2-SO	45,0	40,5	0,78
13	JF-655	Brejo Grande	Arapcranga SB.24-Y-D-II-1-SE	45,0	41,1	0,44
28	JA-58a	Mina Conceição Preta	Santana do Cariri SB.24-Y-D-II-2-SO	45,0	41,1	0,89

Figura 20

uma das ocorrências.

6.5 - Barita

A única ocorrência de barita cadastrada, situa-se próximo da falda oeste da serrinha dos Arnaldos, no município de Simões, Estado do Piauí. O acesso é feito através da estrada carroçável, a partir da cidade de Simões na direção da Vila de Curralinho por 12 quilômetros; daí mais 1 quilômetro a pé no sentido este. A ocorrência é identificada pelo número 14 no mapa geológico, ficha de cadastro e aero-foto anexos.

A barita ocorre apenas sob a forma de raros seixos esferoidais com diâmetro médio de 5 centímetros, dispersos numa área muito restrita, sobre um solo argiloso escuro, resultante da alteração de folhelhos pertencentes a facies argilo-síltica e evaporítica. Os seixos de barita têm cor marrom clara e exibem rosetas fibro-radiais e hábito de aspecto botrioidal. A análise química quantitativa de uma amostra revelou 59,5% BaO, 0,01% SrO e 31,1% SO₃.

6.6 - Gipsita

A gipsita é o principal recurso mineral da área, em torno do qual se desenvolve intensa atividade mineira. Ocorre nos três Estados Piauí, Ceará e Pernambuco, detendo este último as maiores jazidas e as principais minas, onde se destacam os municípios de Ipubi e Ouricuri como os maiores produtores de gipsita do país. Os municípios de Araripina e Trindade também contam com várias minas. Do lado do

Ceará as minas mais importantes estão concentradas no município de Santana do Cariri, mas depósitos menores são encontrados nos municípios de Crato, Barbalha, Missão Velha, Abaiara, Brejo Santo, Porteiras e Jardim. No Piauí os depósitos estão situados no município de Simões e de um modo geral nunca foram lavrados, salvo alguns que tiveram lavra incipiente, encontrando-se atualmente abandonados.

Grande parte da produção de gipsita segue em carretas para o sul do país a fim de abastecer o seu parque cimenteiro e a outra parte supre o mercado nordestino. Na área existem duas usinas de calcinação, uma na cidade de Araripina, pertencente a CONOMI - Companhia Nordeste de Mineração, em franca atividade operacional e com planos de expansão, e a outra de propriedade do Grupo Itaú, localizada na cidade de Trindade, foi inaugurada recentemente. A gipsita calcinada tem numerosas aplicações tais como na fabricação de argamassa, estuques, forros, paredes divisórias, na medicina, odontologia e outros.

Na área em estudo existem cerca de 13 empresas atuando na pesquisa e na lavra de gipsita, sendo que a maioria delas opera apenas nos depósitos situados no Estado de Pernambuco. A firma Chaves & Cia. é a única em franca atividade no Estado do Ceará, com sete jazidas no município de Santana do Cariri; o minério é transportado dessas minas até a estação ferroviária da cidade de Crato de onde segue por trem para Fortaleza, com um percurso de 600 quilômetros. Nesta capital o minério é calcinado nas instalações da empresa e comercializado no sul do país em quase sua totalidade.

Dentre as empresas que operam em Pernambuco destacam-se: Grupo Itaú, lavrando a mina Casa de Pedra; Mineradora São Jorge, operando a mina São Jorge; S. A. Mineração Jerônimo Rosado, concessionária das minas Papa Mel e Sítio Sombrio; Cimimar, do grupo Matarazzo, atuando nas minas Sítio Barbosa e Buracão; Matsulfur, titular das minas Sítio Pajeú e Lagoa de Dentro; CONOMI, operando a mina Lagoa de Dentro no município de Araripina.

A gipsita se comporta da mesma forma em todos os locais onde ocorre e a presença de veios e buchos argilosos constitui praticamente sua única impureza, que pode ser maior numa mina do que noutra. Conforme a existência ou não dessa impureza, a gipsita é classificada comercialmente em pura ou de primeira e impura ou de segunda. Um depósito pode apresentar os dois tipos, havendo uma separação nítida, brusca e irregular entre ambos. Os afloramentos de gipsita são relativamente escassos e quando ocorrem não têm expressão topográfica; as melhores exposições são artificiais, oriundas dos cortes de minas. O capeamento da gipsita varia de 1-10 metros e acima deste limite superior a economicidade da lavra torna-se comprometedora. O capeamento é sempre formado por uma sequência de folhelhos e siltitos aos quais podem-se intercalar níveis margosos e arenosos, todos friáveis em superfície.

Do ponto de vista estratigráfico a gipsita está posicionada na base da facies argilo-síltica e evaporítica, dispondo-se em lentes ou camadas descontínuas. Litologicamente trata-se de uma rocha esbranquiçada, com tons cinza e esverdeado, formada por um mosaico de cristais, por ve-

zes centimétricos, sendo comum a presença de uma rede de veios anastomosados de gipsita fibrosa branca, os quais ocorrem com mais frequência na variedade impura. Em alguns locais a gipsita apresenta estratificação algo irregular e cristais com textura fibro-radiada. Os contatos superior e inferior da rocha são algo irregulares, reentrantes e denteados; estruturas de colapso são frequentes sobretudo nas partes impuras, onde as fendas abertas são preenchidas por material de origem secundária. A espessura máxima da gipsita é encontrada nas minas do município de Ipubi onde atinge até 30 metros; nas demais ocorrências a potência da camada varia geralmente de 5-20 metros.

Munis (1971) avaliou numa área de 2.000 hectares, situada na região de Ipubi, uma reserva medida de 54 milhões de toneladas de gipsita até 20 metros de capeamento baseado em mapeamento geológico, prospecção geofísica através de eletroresistividade e sondagem a diamante. Aquel autor estima uma reserva global de 500 milhões de toneladas para toda a área do Projeto.

Nas figuras a seguir constam o registro de 60 depósitos de gipsita, incluindo ocorrências e minas. O significado de mina aqui considerado não tem conotação quanto ao seu aspecto legal, posto que se refere apenas a todo depósito que teve atividade extrativa, mesmo durante curto período. Do total de depósitos assinalados 17 constituem minas em atividade, 24 correspondem as minas abandonadas ou paralizadas, 15 são apenas ocorrências e quatro encontram-se em fase de pesquisa ou desenvolvimento. A figura 21 traz a relação dos depósitos cadastrados pelo pessoal do Projeto, per

DEPÓSITOS DE GIPSITA CADASTRADOS

Figura 21

Nº ORDEM	ESTAÇÃO	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO-SIGLA DO ESTADO	QUADRÍCULA-NOME E SIMBOLOGIA	FOLHA - NOME E SIMBOLOGIA	OBSERVAÇÃO
15	JF-226	Riacho Prensa	Brejo Santo-CE	Crato SB.24-Y-D-III	São Felipe-4-SE	Ocorrência.
16	JA-223	Mina dos Rosados	Porteiras-CE	Crato SB.24-Y-D-III	São Felipe-4-SE	Mina abandonada.
17	JF- 27	Riacho Carrancudo	Missão Velha-CE	Crato SB.24-Y-D-III	Jamacaru-4-SO	Ocorrência.
18	JF-159	Riacho Santa Rita	Barbalha-CE	Crato SB.24-Y-D-III	Barbalha-3-NE	Mina abandonada.
19	JF-149	Sítio Romualdo	Crato-CE	Crato SB.24-Y-D-III	Arajara-4-NO	Operando-Soc.Mineradora Itaguaçu Ltda.
20	JM- 5	Riacho do Pinga	Jardim-CE	Jardim SB.24-Y-D-VI	Jardim Mirim-2-NO	Ocorrência.
21	JF-257	Mina dos Rosados	S.do Cariri-CE	S. do Cariri SB.24-Y-D-II	Santana do Cariri-2-SO	Mina abandonada.
22	JF-701	Sítio Belmonte	S.do Cariri-CE	S. do Cariri SB.24-Y-D-II	Santana do Cariri-2-SO	Ocorrência.
23	JF-254	Mina Pedra Brnaca V	S.do Cariri-CE	S. do Cariri SB.24-Y-D-II	Santana do Cariri-2-SO	Paralisada - Mineração Chaves
24	JF-255	Mina Pedra Branca III	S.do Cariri-CE	S. do Cariri SB.24-Y-D-II	Santana do Cariri-2-SO	Paralisada - Mineração Chaves
25	JF-256	Mina Pedra Branca IV	S.do Cariri-CE	S. do Cariri SB.24-Y-D-II	Santana do Cariri-2-SO	Paralisada - Mineração Chaves
26	JF-253	Mina Pedra Branca I	S.do Cariri-CE	S. do Cariri SB.24-Y-D-II	Santana do Cariri-2-SO	Paralisada - Mineração Chaves
27	JA- 57	Mina Pedra Branca II	S.do Cariri-CE	S. do Cariri SB.24-Y-D-II	Santana do Cariri-2-SO	Operando - Mineração Chaves
28	JA- 58	Mina Conceição Preta	S.do Cariri-CE	S. do Cariri SB.24-Y-D-II	Santana do Cariri-2-SO	Operando - Mineração Chaves
29	JA- 59	Mina Ponta da Serra	S.do Cariri-CE	S. do Cariri SB.24-Y-D-II	Santana do Cariri-2-SO	Operando - Mineração Chaves

Nº ORDEM	ESTAÇÃO	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO-SIGLA DO ESTADO	QUADRÍCULA-NOME E SIMBOLOGIA	FOLHA - NOME E SIMBOLOGIA	OBSERVAÇÃO
30	JA- 78	Riacho Jacu	S.do Cariri-CE	S. do Cariri SB.24-Y-D-II	Santana do Cariri-2-SO	Ocorrência.
31	JA- 92	Riacho Pedra Branca	S.do Cariri-CE	S.do Cariri SB.24-Y-D-II	Santana do Cariri-2-SO	Ocorrência.
32	JA- 29	Sítio Queimada Grande	Exu - PE	Bodocó SB.24-Y-D-V	Barro-1-NE	Em desenvolvimento-Potý (Grupo Votorantim)
33	JA-276	Mina Lagoa de Dentro	Bodocó-PE	Curicuri SB.24-Y-D-IV	Feitoria-2-NE	Operando - Matsulfur
34	JA-275	Mina Massapê	Bodocó-PE	Curicuri SB.24-Y-D-IV	Feitoria-2-NE	Operando - Matsulfur
35	JF-383	Mina Casa de Pedra	Ouricuri-PE	Ouricuri SB.24-Y-D-IV	Ipubi-2-SO	Operando - Grupo Itaú
36	JF-389	Mina São Jorge	Ouricuri-PE	Ouricuri SB.24-Y-D-IV	Ipubi-2-SO	Operando - Mineradora São Jorge
37	JF-390	Mina Papa Mel	Trindade-PE	Ouricuri SB.24-Y-D-IV	Ipubi-2-SO	Operando - Mineração Jerônimo Rosado
38	JF-391	Mina São Severino	Ipubi-PE	Ouricuri SB.24-Y-D-IV	Ipubi-2-SO	Operando - Cimento Paraíso
39	JF-392	Mina Alto Bonito	Ipubi-PE	Ouricuri SB.24-Y-D-IV	Ipubi-2-SO	Operando - Geraldo Lins
40	JF-393	Mina São Francisco	Ipubi-PE	Ouricuri SB.24-Y-D-IV	Ipubi-2-SO	Operando - Mineradora São Francisco
41	JF-394	Mina do Sítio Barbosa	Ipubi-PE	Ouricuri SB.24-Y-D-IV	Ipubi-2-SO	Operando - Matarazzo
42	JF-395	Mina Buracão	Ipubi-PE	Ouricuri SB.24-Y-D-IV	Ipubi-2-SO	Paralisada - Matarazzo
43	JF-396	Mina Sítio Sombrio	Bodocó-PE	Ouricuri SB.24-Y-D-IV	Feitoria-2-NE	Paralisada-S.A. Mineração Jerônimo Rosado
44	JF-397	Mina Escorrego	Ipubi-PE	Ouricuri SB.24-Y-D-IV	Manuino -2-SE	Mina abandonada.

Nº ORDEM	ESTAÇÃO	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO-SIGLA DO ESTADO	QUADRÍCULA-NOME E SIMBOLOGIA	FOLHA - NOME E SIMBOLOGIA	OBSERVAÇÃO
45	JF-414	Mina Buracão	Araripina-PE	Ouricuri SB.24-Y-D-IV	Moraes -1-SO	Operando - Soc. Mineradora Itaguaçu Ltda.
46	JF-415	Mina Soturno	Araripina-PE	Ouricuri SB.24-Y-D-IV	Gergelim-3-NO	Mina abandonada.
47	JF-416	Mina do Soares	Araripina-PE	Ouricuri SB.24-Y-D-IV	Gergelim-3-NO	Mina abandonada.
48	JF-417	Mina Pajeú	Araripina-PE	Ouricuri SB.24-Y-D-IV	Gergelim-3-NO	Mina abandonada.
49	JF-418	Mina Ponta da Serra	Araripina-PE	Ouricuri SB.24-Y-D-IV	Rancharia-2-SE	Paralisada - Grupo Itaú
50	JF-413	Mina Lagoa de Dentro	Araripina-PE	Simões SB.24-Y-C-VI	Rancharia-2-SE	Operando - Empresa CONOMI
51	JA-354	Mina Vira Mão	Araripina-PE	Simões SB.24-Y-C-VI	Rancharia-2-SE	Em desenvolvimento - Poty (Grupo Votorantim)
52	JA-355	Mina do Josias	Araripina-PE	Simões SB.24-Y-C-VI	Rancharia-2-SE	Operando - Mineração Rancharia
53	JA-359	Mina do Capim	Araripina-PE	Simões SB.24-Y-C-VI	Rancharia-2-SE	Mina abandonada - Teotônio Pinto
54	JA-418	Mina Arrojado	Araripina-PE	Simões SB.24-Y-C-VI	Rancharia-2-SE	Mina abandonada.
55	JA-273	Faz. Ventania	Araripina-PE	Ouricuri SB.24-Y-D-IV	Araripina-1-NE	Ocorrência.
56	JM-301	Mina Velha	Simões-PI	Simões SB.24-Y-C-VI	Curralinho-2-SO	Mina abandonada.
57	JA-428	Mina do Carão	Simões-PI	Simões SB.24-Y-C-VI	Serra Mussurica-4-NO	Ocorrência.
58	JA-467	Lagoa das Piranhas	Simões-PI	Simões SB.24-Y-C-VI	Piranhas-3-NE	Ocorrência.
59	JA-471	Mina do Carneiro	Simões-PI	Simões SB.24-Y-C-VI	Piranhas-3-NE	Mina abandonada.
60	JA-432	Monte Santo	Simões-PI	Simões SB.24-Y-C-VI	Serra Mussurica-4-NO	Ocorrência.

fazendo um total de 46. O número de ordem corresponde a numeração que identifica o depósito nas fichas de cadastro de ocorrência mineral, nas fotos aéreas e mapas geológicos, anexos. Na coluna "observação" consta se é ocorrência, jazida em lavra ou não, e empresa concessionária.

A figura 22 se refere a cinco depósitos que embora localizados fora da área do Projeto, foram visitados pelos seus técnicos, pois estão próximos do limite sul da área (paralelo de 7°) e pertencem ao ramo norte-sul da chapada do Araripe. O quadro intitulado "Outros Depósitos de Gipsita" desta mesma figura, apresenta mais nove depósitos, todos situados no Ceará, compilados de Moraes et al (1973), os quais apesar de estarem dentro da área do Projeto não foram cadastrados em virtude de dificuldades de acesso; todos são minas abandonadas há muitos anos e ocorrências de pequeno porte.

A figura 23 mostra o resultado analítico de 41 amostras de gipsita oriundas de diversos depósitos estudados. As amostras JF-388C, 397 e 413D pertencem a zona de gipsita impura. As análises da gipsita pura revelaram um teor mínimo de 30,1% de CaO e máximo de 33,6%, donde se deduz uma média de 31,85% de CaO; os conteúdos mínimo e máximo de SO_3 foram 41,6% e 48,2%, respectivamente, com uma média de 44,9% SO_3 . Os resultados obtidos poderão ser confrontados com a composição teórica da gipsita, na última linha do quadro. Todas as amostras dosadas para lítio deram 0,01%.

DEPÓSITOS DE GIPSITA VISITADOS FORA DA ÁREA DO PROJETO

ESTAÇÃO	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	QUADRÍCULA	OBSERVAÇÃO
JA-460	Faz. Curitiba (Mina dos Rosados)	Simões - PI	Santa Filomena SC.24-V-A-III	Em pesquisa pela DOCEGEO
JA-461	Saco do Breu	Simões - PI	Santa Filomena SC.24-V-A-III	Mina abandonada
JA-463	Mina Mian	Simões - PI	Santa Filomena SC.24-V-A-III	Mina abandonada
JF-401	Mina Sítio Pajeú	Ouricuri-PE (Distrito de Video)	Cruz de Malta SC.24-V-B-I	Operando - Matsulfur
JF-402	São Judas Tadeu	Ouricuri-PE (Distrito de Video)	Cruz de Malta SC.24-V-B-I	Em pesquisa - João Lino

OUTROS DEPÓSITOS DE GIPSITA

OTPONÍMIA	MUNICÍPIO	O B S E R V A Ç Ã O
Sítio São Felipe	Abaiara - CE	Mina abandonada; S.A. Mineração Jerônimo Rosado
Sítio Olho d'Água	Brejo Santo - CE	Pequena ocorrência
Mina Mossoró	Missão Velha- CE	Serra do Mãozinha, parte sul; mina abandonada.
Mina Matarazzo	Missão Velha- CE	Serra do Mãozinha, parte sul; mina abandonada; Mineração Matarazzo.
Sítio Canafístula	Missão Velha- CE	Serra do Mãozinha, parte norte; mina abandonada; Gesso Nacional Tapuio
Sítio Cercadinho	Missão Velha- CE	Mina abandonada.
Sítio Santa Maria	Missão Velha- CE	Pequena ocorrência.
Sítio Valentim	Missão Velha- CE	Pequena ocorrência.
Sítio Serra do Mato	Missão Velha-CE	Pequena ocorrência.

Figura 22

ANÁLISES QUÍMICAS DE GIPSITA

Figura 23.

Nº ORDEM	Nº AMOSTRA	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO-SI- GLA DO ESTADO	FOLHA - NOME E SIMBOLOGIA	% CaO	% SO ₃	H ₂ O % Combinada	% R.I.	% R ₂ O ₃	% Li
26	EF-11a	Mina Pedra Branca I	Santana do Cariri-CE	Santana do Cariri SB.24-Y-D-II-2-SO	31,2	47,4	20,8	0,4	0,3	-
27	EF-13c	Mina Pedra Branca II	Santana do Cariri-CE	Santana do Cariri SB.24-Y-D-II-2-SO	31,1	47,9	20,5	0,1	0,9	-
28	EF-15b	Mina Conceição Preta	Santana do Cariri-CE	Santana do Cariri SB.24-Y-D-II-2-SO	32,2	46,0	20,9	0,3	0,4	-
29	EF-14a	Mina Ponta da Serra	Santana do Cariri-CE	Santana do Cariri SB.24-Y-D-II-2-SO	31,0	48,2	20,2	0,3	0,7	-
34	JA-275c	Mina Massapê	Bodocó-PE	Feitoria SB.24-Y-D-IV-2-NE	31,6	45,4	20,5	0,3	1,4	0,01
35	JF-388c	Mina Casa de Pedra	Ouricuri-PE	Ipubi SB.24-Y-D-IV-2-SO	8,9	9,3	16,2	49,0	11,6	0,01
35	JF-388d	Mina Casa de Pedra	Ouricuri-PE	Ipubi SB.24-Y-D-IV-2-SO	32,5	47,2	20,2	0,3	0,3	0,01
36	JF-389c	Mina São Jorge	Ouricuri-PE	Ipubi SB.24-Y-D-IV-2-SO	30,1	41,6	20,2	6,9	1,5	0,01
36	JF-389d	Mina São Jorge	Ouricuri-PE	Ipubi SB.24-Y-D-IV-2-SO	32,0	43,1	23,2	1,2	0,3	0,01
36	JF-389i	Mina São Jorge	Ouricuri-PE	Ipubi SB.24-Y-D-IV-2-SO	31,9	47,4	20,3	0,4	0,2	0,01
37	JF-390c	Mina Papa Mel	Trindade-PE	Ipubi SB.24-Y-D-IV-2-SO	32,5	47,0	20,3	0,3	0,1	0,01
37	JF-390g	Mina Papa Mel	Trindade-PE	Ipubi SB.24-Y-D-IV-2-SO	32,8	45,4	21,1	0,6	0,3	0,01
38	JF-391c	Mina São Severino	Ipubi-PE	Ipubi SB.24-Y-D-IV-2-SO	32,5	45,7	21,7	0,3	0,2	0,01
39	JF-392b	Mina Alto Bonito	Ipubi-PE	Ipubi SB.24-Y-D-IV-2-SO	32,2	47,0	20,5	0,4	0,3	0,01
40	JF-393c	Mina S.Francisco	Ipubi-PE	Ipubi SB.24-Y-D-IV-2-SO	32,5	45,2	20,9	0,7	0,6	0,01

Nº ORDEM	Nº AMOSTRA	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO-SI- GLA DO ESTADO	FOLHA - NOME É SIMBOLOGIA	% CaO	% SO ₃	% H ₂ O Combinada	% R.I.	% R ₂ O ₃	% Li
41	JF-394c	Mina do Sítio Barbosa	Ipubi-PE	Ipubi SB.24-Y-D-IV-2-SO	32,7	46,6	20,4	0,5	0,3	0,01
41	JF-394e	Mina do Sítio Barbosa	Ipubi-PE	Ipubi SB.24-Y-D-IV-2-SO	32,5	46,7	20,4	0,3	0,2	0,01
43	JF-396c	Mina Sítio Sombrio	Bodocó-PE	Feitoria SB.24-Y-D-IV-2-NE	32,2	46,2	20,6	0,2	0,9	0,01
44	JF-397	Mina Escorrego	Ipubi-PE	Manuino SB.24-Y-D-IV-2-SE	26,4	31,6	16,1	17,4	0,1	0,01
50	JF-413d	Mina Lagoa de Dentro	Araripina-PE	Rancharia SB.24-Y-C-VI-2-SE	29,5	35,0	17,2	10,0	4,7	0,01
50	JF-413e	Mina Lagoa de Dentro	Araripina-PE	Rancharia SB.24-Y-C-VI-2-SE	32,2	45,5	20,7	0,1	1,1	0,01
51	JA-354a	Mina Vira Mão	Araripina-PE	Rancharia SB.24-Y-C-VI-2-SE	32,0	45,9	20,4	1,5	0,7	0,01
51	JA-354b	Mina Vira Mão	Araripina-PE	Rancharia SB.24-Y-C-VI-2-SE	32,2	46,8	20,5	0,4	0,6	0,01
51	JA-354c	Mina Vira Mão	Araripina-PE	Rancharia SB.24-Y-C-VI-2-SE	32,3	46,9	20,7	0,1	0,3	0,01
52	JA-355b	Mina do Josias	Araripina-PE	Rancharia SB.24-Y-C-VI-2-SE	32,0	46,4	20,7	0,5	0,8	0,01
53	JA-359c	Mina do Capim	Araripina-PE	Rancharia SB.24-Y-C-VI-2-SE	31,4	45,2	20,8	2,1	0,9	0,01
56	JM-301b	Mina Velha	Simões-PI	Curralinho SB.24-Y-C-VI-2-SO	31,2	46,0	20,7	1,0	0,5	0,01
57	JA-428a	Mina do Carão	Simões-PI	Serra Mussurica SB.24-Y-C-VI-4-NO	31,8	46,0	20,3	1,5	0,9	0,01
58	JA-467	Lagoa das Piranhas	Simões-PI	Piranhas SB.24-Y-C-VI-3-NE	30,5	45,8	20,5	1,3	0,6	0,01
58	JA-470	Lagoa das Piranhas	Simões-PI	Piranhas SB.24-Y-C-VI-3-NE	30,5	46,4	20,4	1,9	0,8	0,01

Nº ORDEM	Nº AMOSTRA	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO-SI- GLA DO ESTADO	FOLHA - NOME E SIMBOLOGIA	% CaO	% SO ₃	% H ₂ O Combinada	% R.I.	% R ₂ O ₃	% Li
59	JA-471b	Mina do Carneiro	Simões-PI	Piranhas SB.24-Y-C-VI-3-NE	31,1	47,1	20,9	0,5	0,3	0,01
60	JA-432c	Monte Santo (Sítio Verde)	Simões-PI	Serra Mussurica SB.24-Y-C-VI-4-NO	32,6	46,8	20,5	0,1	0,3	0,01
	JA-460b	Faz. Curitiba (Mina dos Rosados)	Simões-PI	(*)	32,3	47,1	20,5	0,1	0,4	0,01
	JA-460d	Faz. Curitiba (Mina dos Rosados)	Simões-PI	(*)	33,6	48,0	14,9	2,7	1,1	0,01
	JA-460f	Faz. Curitiba (Mina dos Rosados)	Simões-PI	(*)	32,2	46,5	20,2	0,9	0,4	0,01
	JA-461a	Saco do Breu	Simões-PI	(*)	31,4	47,5	20,2	0,4	0,5	0,01
	JA-461c	Saco do Breu	Simões-PI	(*)	30,8	45,9	20,4	1,3	0,7	0,01
	JA-463a	Mina Mian	Simões-PI	(*)	31,8	47,5	18,9	0,8	0,8	0,01
	JA-463c	Mina Mian	Simões-PI	(*)	30,8	46,0	20,3	1,7	0,7	0,01
Composição Teórica da Gipsita					32,5	46,6	20,9	-	-	-

(*) - Depósitos situados fora da área do Projeto e localizados na quadrícula de Santa Filomena (SC.24.V-A-III).

6.7 - Calcário

Os extensos depósitos de calcário pertencem a facies carbonatada e sua área de distribuição corresponde a daquela facies. O calcário da área é muito bem representado no Estado do Ceará, nos municípios de Santana do Cariri, Nova Olinda, Crato, Barbalha, Missão Velha, Abaiara, Brejo Santo, Porteiras e Jardim. Nos Estados de Pernambuco e Piauí os afloramentos são escassos. Trata-se de uma rocha de granulação muito fina, microcristalina, de cor geralmente creme, bastante dura, cuja característica fundamental é sua laminação regular, paralela e horizontal, com espessura de 1 milímetro. Em todos os locais que ocorre o calcário se comporta da mesma forma, o mesmo aspecto e com pronunciada uniformidade.

A área de maior ocorrência de calcário se encontra no município de Santana do Cariri, onde se dispõe em extensos afloramentos desde a vila de Brejo Grande ao sul, até as proximidades da cidade de Nova Olinda ao norte, segundo uma extensão linear da ordem de 15 quilômetros e largura máxima de cerca de 7,5 quilômetros. Em muitas exposições o calcário forma colinas alongadas de topo plano e flancos escarpados verticais, com 5-30 metros de altura. A espessura máxima da rocha nessa região é da ordem de 60 metros, com uma média estimada de 20 metros. Tomando-se a densidade de 2,7, a reserva inferida de calcário dessa área avulta em 1,6 bilhão de toneladas.

Nos outros municípios citados, o calcário ocorre em vários níveis sucessivos, com espessuras muito varia

das de 0,5-10 metros, separados por numerosas intercalações de folhelho, siltito, marga e calcarenito. A intercalação mais frequente é de um folhelho cinza, algo calcífe-ro e fossilífero, e de fraca consistência.

Do lado de Pernambuco os afloramentos são raros e pequenos; no município de Ipubí foi encontrado no fundo de duas cacimbas. No Piauí ocorre nas imediações do povoado de Monte Santo, município de Simões, numa área a sudes-te dessa cidade. Apresenta-se com espessura de até 20 me-tros, preenchendo depressões isoladas do embasamento cris-talino de topografia irregular, ao qual se sobrepõe em contato discordante (vide folha SB.24-Y-C-VI-4-NE).

O calcário vem sendo extraído há longos anos em escala reduzida, intermitente e de modo rudimentar para o fabrico de cal, principalmente quando ocorre perto das ci-dades, como em Santana do Cariri, Crato, Barbalha e outras. Graças a sua fissilidade, é cortado em placas de tamanho e espessura variadas e largamente empregado no município de Santana do Cariri para diversos fins tais como calçamento de ruas e passeios, alicerce e até como substituto do tijo-lo na construção de casas e muros. Próximo a cidade de Bar-balha será usado numa fábrica de cimento em fase de implan-tação, pertencente a empresa IBACIP - Indústria Barbalhen-se de Cimento Portland.

A figura 24 reproduz os resultados das análises químicas quantitativas de 32 amostras de calcário, realiza-das no LAMIN. As amostras JA-519A, 572A, 168b e JF-447 são de delgados níveis de calcário, pertencentes a facies argi-lo-síltica e evaporítica, e as demais são da facies carbo-

ANÁLISES QUÍMICAS DE CALCÁRIO

Figura 24

Nº ORDEM	Nº AMOSTRA	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO-SIGLA DO ESTADO	FOLHA - NOME E SIMBOLOGIA	% CaO	% MgO	% P.F.	% R.I.	% R ₂ O ₃	% P ₂ O ₅	% SiO ₂	% Fe ₂ O ₃	% Al ₂ O ₃	% TiO ₂	% Li ₂ O
01	JA-483	Riacho Curral da Onça	Simões-PI	Serra Mussurica SB.24-Y-C-VI-4-NO	53,3	0,5	41,7	-	-	0,1	1,2	0,8	0,2	0,1	0,01
02	JA-484	Riacho Curral da Onça	Simões-PI	Serra Mussurica SB.24-Y-C-VI-4-NO	53,3	0,5	42,1	-	-	0,1	1,1	0,8	0,5	0,1	0,01
03	JA-486a	Riacho Curral da Onça	Simões-PI	Serra Mussurica SB.24-Y-C-VI-4-NO	7,3	4,7	14,8	-	-	0,3	44,8	5,8	1,4	0,7	0,01
04	JA-487	Riacho Curral da Onça	Simões-PI	Serra Mussurica SB.24-Y-C-VI-4-NO	48,3	2,8	41,4	-	-	0,1	3,2	1,5	0,2	0,1	0,01
05	JF-447	Simões	Simões-PI	Simões SB.24-Y-C-VI-1-NE	44,1	2,2	36,7	-	-	0,1	13,9	0,9	0,2	0,1	0,01
06	JA-519a	Riacho Pereiro	Fronteiras-PI	Marcolândia SB.24-Y-C-III-4-SO	47,8	2,1	39,5	-	-	0,3	4,3	2,4	1,2	0,1	0,01
07	JA-572a	Caldeirão Grande	Fronteiras-PI	Caldeirão Grande SB.24-Y-C-III-4-NO	49,1	2,5	40,6	-	-	0,2	4,9	2,3	0,5	0,1	0,01
08	JF- 71c	Fundão	Crato-CE	Arajara SB.24-Y-D-III-4-NO	49,9	0,7	42,1	5,1	1,7	0,07	-	-	-	-	-
09	JF- 65	Correntinho	Crato-CE	Arajara SB.24-Y-D-III-4-NO	46,1	0,8	40,1	4,7	7,8	0,13	-	-	-	-	-
10	JA- 12b	Riacho Olho d'Água	Missão Velha-CE	Abaiara SB.24-Y-D-III-4-NE	51,6	1,6	41,7	0,9	3,8	0,25	-	-	-	-	-
11	JF- 26a	Carrancudo	Missão Velha-CE	Jamacaru SB.24-Y-D-III-4-SO	52,8	0,7	42,9	0,7	2,5	0,08	-	-	-	-	-
12	JF- 20	Carrancudo	Missão Velha-CE	Jamacaru SB.24-Y-D-III-4-SO	46,3	1,3	39,6	1,8	9,7	0,16	-	-	-	-	-
13	JF-213c	Riacho Grande	Missão Velha-CE	São Felipe SB.24-Y-D-III-4-SE	48,4	0,9	41,7	6,9	1,5	0,12	-	-	-	-	-
14	JF- 98	Riacho Barriguda	Porteiras-CE	Jardim Mirim SB.24-Y-D-VI-2-NO	53,2	1,0	42,7	0,7	2,0	0,23	-	-	-	-	-
15	JM- 06	Riacho do Pinga	Jardim-CE	Jardim Mirim SB.24-Y-D-VI-2-NO	51,1	1,2	41,4	3,3	1,2	0,05	-	-	-	-	-

Continua.....

Nº ORDEM	Nº AMOSTRA	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO-SIGLA DO ESTADO	FOLHA - NOME E SIMBOLOGIA	% CaO	% MgO	% P.F.	% R.I.	% R ₂ O ₃	% P ₂ O ₅	% SiO ₂	% Fe ₂ O ₃	% Al ₂ O ₃	% TiO ₂	% Li ₂ O
16	JM- 10	Riacho do Pinga	Jardim-CE	Jardim Mirim											
17	JM- 11	Riacho do Pinga	Jardim-CE	SB.24-Y-D-VI-2-NO Jardim Mirim	48,5	1,1	41,1	5,8	2,9	0,10	-	-	-	-	-
18	JF-339a	Jardim Mirim	Jardim-CE	SB.24-Y-D-VI-2-NO Jardim Mirim	51,1	1,3	41,5	2,7	1,9	0,08	-	-	-	-	-
19	JF-363	Riacho Jitirana	Jardim-CE	SB.24-Y-D-VI-2-NO Jardim Mirim	50,3	0,8	42,4	4,3	1,1	0,05	-	-	-	-	-
20	JF-377a	Riacho Grande	Jardim-CE	SB.24-Y-D-VI-2-NO Jardim Mirim	50,6	1,2	41,3	3,1	3,4	0,05	-	-	-	-	-
21	JA-157	Mameluco	Jardim-CE	SB.24-Y-D-VI-2-NO Perta da Hora	48,3	1,9	40,9	5,5	1,9	0,10	-	-	-	-	-
22	JA-168b	Riacho dos Cochos	Jardim-CE	SB.24-Y-D-VI-1-SE Jardim	48,1	0,6	39,9	2,7	8,1	0,49	-	-	-	-	-
23	JA-182	Faz. Sanharó	Jardim-CE	SB.24-Y-D-VI-1-NE Trempe	38,6	1,4	34,8	15,6	8,7	0,23	-	-	-	-	-
24	JA-183	Faz. Sanharó	Jardim-CE	SB.24-Y-D-VI-1-SO Trempe	42,2	3,0	36,4	15,8	2,0	0,08	-	-	-	-	-
25	JF-292a	Riacho Segredo	Santana do Cariri- CE	SB.24-Y-D-VI-1-SO Araporanga	50,7	1,1	41,1	4,0	2,2	0,05	-	-	-	-	-
26	JF- 47	Batoque ou Malhada	Barbalha-CE	SB.24-Y-D-II-1-SE Barbalha	53,5	1,4	43,1	1,0	1,0	0,05	-	-	-	-	-
27	GM- 70	Sítio Santa Rita	Barbalha-CE	SB.24-Y-D-III-3-NE Barbalha	39,9	0,9	33,2	21,9	3,7	0,28	-	-	-	-	-
28	GM- 71	Sítio Santa Rita	Barbalha-CE	SB.24-Y-D-III-3-NE Barbalha	49,3	1,1	42,0	5,2	1,9	-	-	-	-	-	-
29	GM- 63	Sítio Romualdo	Crato-CE	SB.24-Y-D-III-3-NE Arajara	50,4	0,9	42,4	3,9	1,9	-	-	-	-	-	-
30	GM- 64	Sítio Romualdo	Crato-CE	SB.24-Y-D-III-3-NO Arajara	54,0	1,7	42,1	0,5	1,2	-	-	-	-	-	-
31	GM- 67	Sítio Romualdo	Crato-CE	SB.24-Y-D-III-3-NO Arajara	52,8	1,7	43,4	0,5	1,2	-	-	-	-	-	-
32	GM- 68	Sítio Romualdo	Crato-CE	SB.24-Y-D-III-3-NO Arajara	53,1	1,5	43,9	0,3	0,7	-	-	-	-	-	-
				SB.24-Y-D-III-3-NO	52,6	1,5	42,0	0,9	2,7	-	-	-	-	-	-

natada. A amostra JA-486A corresponde a uma delgada zona im-
pura, intercalada no calcário. De um modo geral, os exten-
sos depósitos de calcário da área são apropriados para a in-
dústria cimenteira, tendo em vista o seu baixo conteúdo em
MgO, via de regra inferior a 2%, e ao elevado teor de CaO ,
geralmente acima de 50%. Esse calcário também pode ser em-
pregado para o fabrico de cal e calagem de solos. A dosagem
de P₂O₅ em 26 amostras revelou valores insignificantes, pois
a maioria acusou teor abaixo de 0,1%. As sete amostras ana-
lisadas para Li₂O deram uma média desprezível de 0,01%.

7 - GEOQUÍMICA

7.1 - Introdução

O levantamento geoquímico realizado na área do Projeto Santana, teve dois objetivos precípuos:

a) Admitir ou não a validade da coleta de amostras de sedimento de corrente para identificação de horizontes mineralizados na Formação Santana e Formação Missão Velha.

b) Caracterizar o comportamento geoquímico das diversas unidades litológicas da Formação Santana e do topo da Formação Missão Velha.

Para a primeira destas finalidades foi planejado e executado um serviço de orientação geoquímica para sedimentos de corrente em drenagens cujos perfis geológicos são conhecidos. Concomitante a análise de suficiência do método, foram deteminados, com base no estudo da variância de amostragem, o alcance dos diversos métodos analíticos utilizados pelo LAMIN e a qualidade da amostragem.

Com o fim de atingir o segundo objetivo, efetuou-se uma amostragem de rochas coletadas aleatoriamente e estudadas geoquimicamente visando a caracterização da dispersão dos elementos traços como também as interrelações entre litologias e conseqüentemente entre ambientes de deposição.

Os solos da região foram eliminados como meio amostrado pelas suas características de sólo transportado e geralmente não representativos da rocha subjacente.

7.2 - Descrição da Área

Na elaboração de um modelo de levantamento geoquímico, é necessário uma base de informações acerca dos diversos fatores naturais que influenciam na distribuição e comportamento dos elementos traços no ambiente geológico. Esta base constitui por definição a paisagem geoquímica, ou seja o conhecimento da relação entre a geologia, os fatores naturais da região (relevo, drenagem, clima, hidrografia, vegetação e solo) e a distribuição do elemento no meio amostrado (fig. 25).

As unidades lito-estratigráficas Formação Santana e Formação Missão Velha, motivos do Projeto, afloram por quase toda a base da escarpa da chapada do Araripe. O relevo da área é muito acidentado e o desnível entre a base da Formação Santana e o topo da chapada varia de 300-500 metros.

A drenagem é bastante jovem, pois a chapada do Araripe constitui um dos maiores divisores d'água do Nordeste, separando as bacias do São Francisco, Parnaíba e Jaguaribe. Os rios cavam talvegues abruptos ao longo da escarpa e os interflúvios são quase que totalmente cobertos por um colúvio decorrente da erosão da unidade que capeia toda a chapada, a Formação Exu (arenitos e conglomerados). Este colúvio é o responsável pelo entulhamento dos talvegues com material arenoso que dilui ao máximo a contribuição da Formação Santana nos sedimentos ativos de corrente.

A parte norte da área do projeto localiza-se dentro de um microclima semi-úmido, com chuvas abundantes e com rios quase perenes, cercado pelo clima semi-árido, típico do Nordeste, com pluviosidade baixa e concentrada no inverno. Os locais amostrados estão localizados exclusivamente dentro da área de

LOCAÇÃO DAS DRENAGENS AMOSTRADAS

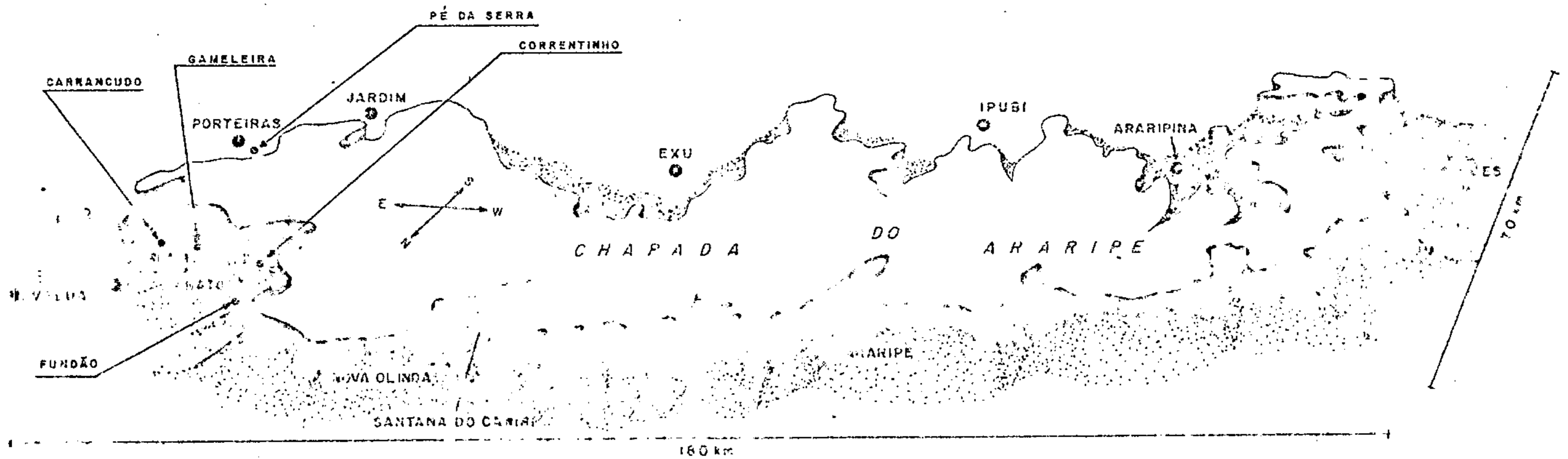


Fig. 25

microclima semi-úmido.

A vegetação é formada por cerrados no topo da chapa da e arbustiva densa nas encostas. No vale predomina culturas de cana de açúcar e lavoura de subsistência. Nos solos da área predominam o residual arenoso no topo da chapada, e o transportado coluvial nas encostas e na planície.

7.3 - Técnica de Amostragem

7.3.1 - Conceitos Gerais

No estudo geoquímico da Formação Santana e do topo da Formação Missão Velha através de coleta de amostras de rochas e sedimentos de corrente, fez-se necessário caracterizar as populações alvo e as populações amostradas, para uma melhor avaliação dos resultados e dos seus alcances.

População alvo é por definição a população desejada baseada nos objetivos do estudo geológico (Krumbein, 1965). População amostrada é a parte da população alvo diretamente avaliável através da amostragem (Krumbein, op.cit.).

No caso particular do Projeto Santana, a população alvo é a própria Formação Santana e o topo da Formação Missão Velha e o comportamento geoquímico de ambas como unidades potencialmente mineralizadas; as populações amostradas foram as rochas das diferentes litologias que as compõem e os sedimentos ativos de corrente coletados em cursos d'água que atravessam o horizonte guia mineralizado com galena.

As amostras de rocha foram coletadas aleatoriamente por toda a área nas diversas facies litológicas. A partir da coleta de amostras de sedimentos de corrente e de rocha cria

ram-se modelos estatísticos, analisados do ponto de vista pro
babilístico e onde foram feitas inferências estatísticas. Des
sa maneira, obteve-se os dados necessários para concluir, pela
representatividade ou não da população amostrada no caso dos
sedimentos de corrente. Por outro lado caracterizou-se a popu
lação alvo a partir da outra população amostrada, no caso das
rochas e conseqüentemente a definição das unidades litológicas
do ponto de vista geoquímico.

As amostras de sedimentos de corrente foram coleta
das sempre no leito ativo do rio, uma quantidade de aproximada
mente 300 gramas em média com grande proporção de finos. As
amostras de rocha foram coletadas ao longo dos perfis geológi
cos realizados nos rios e nos diversos afloramentos da região,
sempre aleatoriamente dentro de cada litologia.

Os dados foram descritos e plotados segundo códigos
próprios da CPRM na Ficha de Campo-Amostra Geoquímica (figs.
26A e 26B), padronizada para que juntamente com os dados analí
ticos possam ser arquivadas e processadas em computadores.

Com base no modelo utilizado foram coletadas 50%
das amostras com duplicata e as outras 50% com replicata de
quarteamento, para averiguação da variância de amostragem e
analítica, respectivamente.

7.3.2 - Sedimento de Corrente

Para uma análise do comportamento do sedimento ati
vo de corrente como meio amostrado foi criado um modelo de co
leta de amostra de caráter orientativo.

O objetivo deste serviço orientativo é o de determi
nar a validade do método geoquímico de sedimento ativo de cor

FICHA DE CAMPO - AMOSTRA GEOQUÍMICA										1 - CENTRO DE CUSTO		2 - SUBCENTRO DE CUSTO		3 - NÚMERO DE CAMPO Coletor: Nº da amostra: Data:		Nº DE LABORATÓRIO		FOLHA TOTAL							
CPRM										PROJETO:															
DATA:										4 - Base Cartográfica		5 - Escala		6 - Denominação local											
7 - Latitude										8 - Longitude		9 - Abscissa (x)		10 - Ordenada (y)		11 - UTM - Longitude		12 - UTM - Latitude		13 - Meridiano central					
14 - Classe amostra		15 - Tipo amostragem		16 - Fonte amostra		17 - Rocha regional		18 - Idade Geológica		19 - Material Coletado		20 - Pluviosidade		21 - Tipo vegetação		22 - Sit. topográfica		23 - Sit amostra		24 - Altitude		25 - Profund. da amostragem			
27 - Forma ígnea		28 - Situação estrutural		29 - Matriz predominante		30 - Grau de intemperismo/oxidação		31 - Tipo alteração		32 - Tipo mineral		34 - Cordeo arizopda deppisito/ocorrência forma modo		35 - Largura do rio		37 - Profund do rio		38 - Velocid corrente		39 - Nivel da água		40 - Área drenagem		41 - Tipo de água	
42 - Pacidade		43 - Cor da água		44 - Grau de turbid		45 - Volume original		46 - Peso de concentrada (%)		48 - Granulometria sedimento/areia Máxima Mínima		49 - Textura do Sedimento/areia (%) Cascalha Areia Silte Argila Mat.Org				50 - Cor sed/areia		52 - Horiz do solo		53 - Tipo de solo		55 - Anál. Dielico			
57 - Eh		58 - pH		59 - Mat. pesado & frio		60 - Outras análises		61 - Outras análises		62 - Outras análises		63 - Outras análises		64 - Codificação livre											
65 - Observações - comentários										66 - Observações - comentários															
PERF.										Data		PERF./CONF.		Data											

Figura 26-A

rente, suas limitações e seus alcances, como também a origem e a magnitude da variância dentro do meio amostrado.

Alguns parâmetros importantes a serem determinados no serviço de orientação são:

- a) O tipo de dispersão geoquímica que existe na área.
- b) O intervalo ótimo de amostragem.
- c) O tamanho da fração que melhor reflète as mineralizações.
- d) O elemento ou grupo de elementos que devem ser analisados num serviço regional e qual o método analítico a ser usado.
- e) Os efeitos da topografia, hidrologia, clima vegetação, matéria orgânica e os óxidos de Fe e Mn na dispersão dos elementos.
- f) Determinar valores de "background" e "threshold" nos sedimentos de corrente.
- g) Se o método geoquímico aplicado é exequível.
- h) Se há problemas de contaminação na área.

No caso de validade do método, é necessário se estabelecer um plano de amostragem geoquímica próprio para a área, com maior controle dos parâmetros de dispersão dos elementos e da amplitude da variância analítica e de amostragem no meio amostrado.

Para o serviço orientativo foram escolhidas quatro drenagens que cortam o horizonte guia mineralizado da facies arenosa (marga betuminosa e conglomerado calcário) de 1 metro de espessura aproximadamente, e uma drenagem cortando o mesmo horizonte não mineralizado. As cinco drenagens escolhidas fo

ram: Fundão, Correntinho, Gameleira, Carrancudo e Pé da Serra, sendo o último o não mineralizado (figs. 27, 28, 29, 30 e 31).

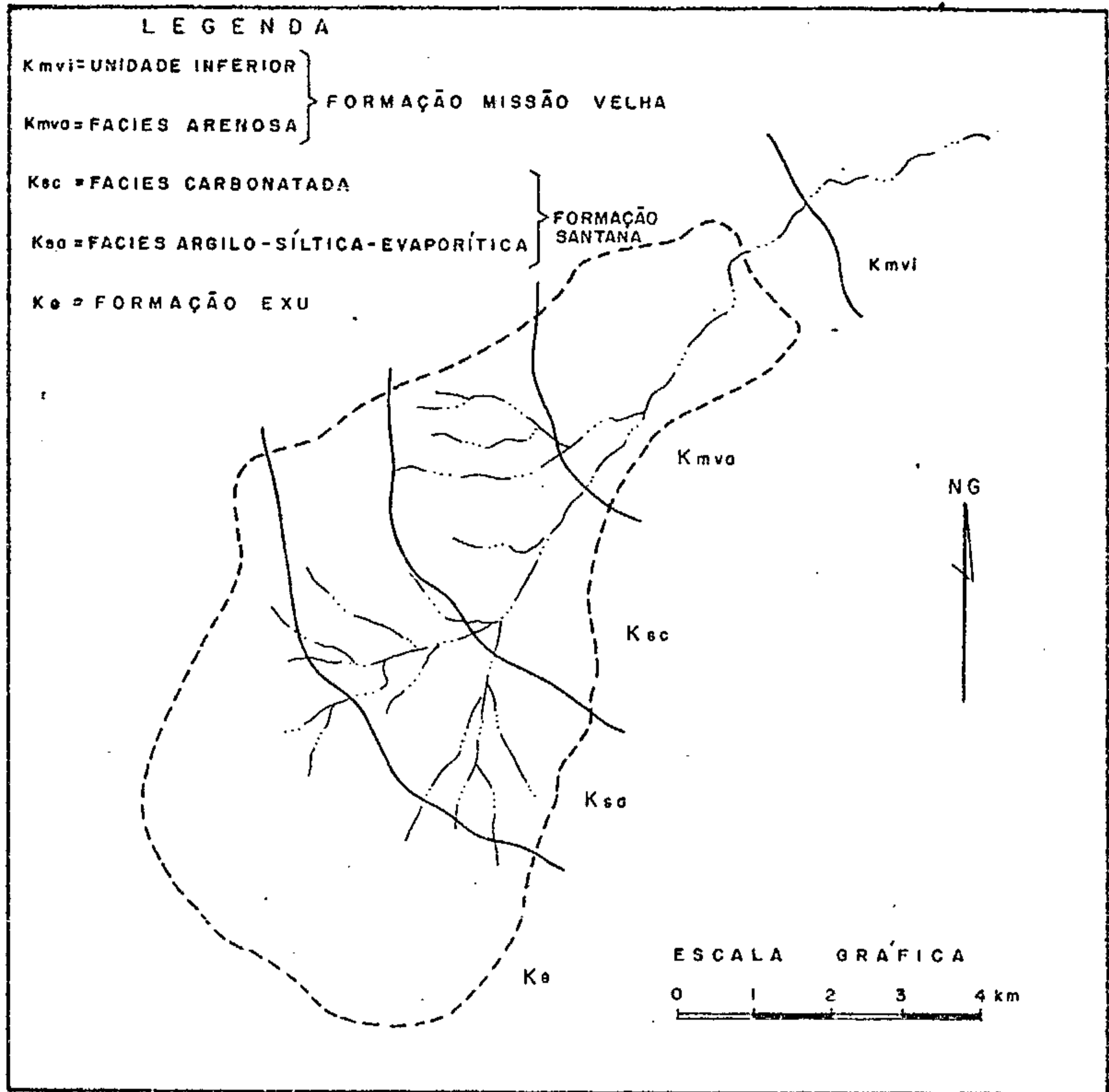
O horizonte guia foi utilizado como ponto de referência para a implantação do esquema de coleta das amostras. O esquema foi o mesmo para os cinco perfis escolhidos e obedeceu a seguinte disposição: foram plotados 13 pontos de coleta a jusante do horizonte e 7 pontos a montante. Os pontos a jusante distanciados do horizonte guia de 10, 20, 50, 100, 200, 400, 500, 600, 800, 1.000, 1.200, 1600 e 2.000 metros. Os pontos a montante distanciados de 20, 50, 100, 200, 300, 400 e 500 metros do mesmo horizonte (fig. 32). Nos pontos de ordem ímpar a jusante, e par a montante da referência, foram coletadas amostras que por sua vez foram quarteadas para a determinação da variância analítica. Nos demais pontos coletaram-se em duplicata, distantes uma da outra de aproximadamente 5 metros, com a finalidade de determinar a variância da amostragem.

Assim foi obtido um total de 40 amostras por drenagem, sendo 20 amostras entre as quarteadas e suas originais e 20 amostras entre as réplicas de campo e suas originais. Portanto, os cinco perfis forneceram um total de 200, sendo que as 100 amostras originais foram analisadas em duas granulometrias, menor que 80 mesh e maior que 80 mesh, e as demais foram analisadas apenas na granulometria menor que 80 mesh.

7.3.3 - Rochas

Tendo como finalidade a caracterização geoquímica das unidades litológicas da Formação Santana, a amostragem de rochas utilizou um esquema adaptado as condições locais de acessibilidade, conservando no entanto a maior aleatoriedade possível.

PROJETO SANTANA SUREG-RE
SERVIÇO GEOQUÍMICO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE
MAPA DE DRENAGEM



FUNDÃO
ÁREA DE DRENAGEM 11 km²

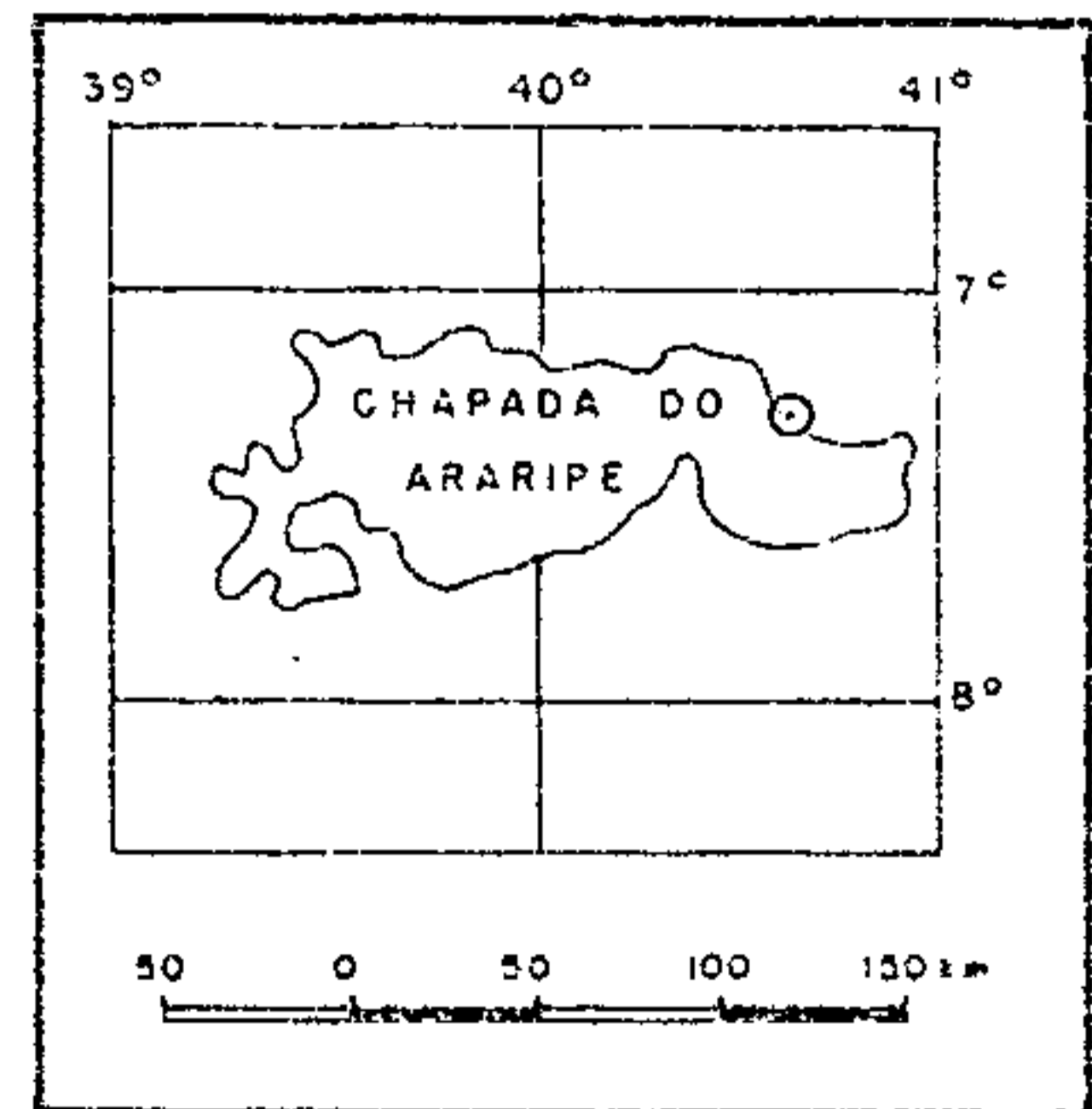
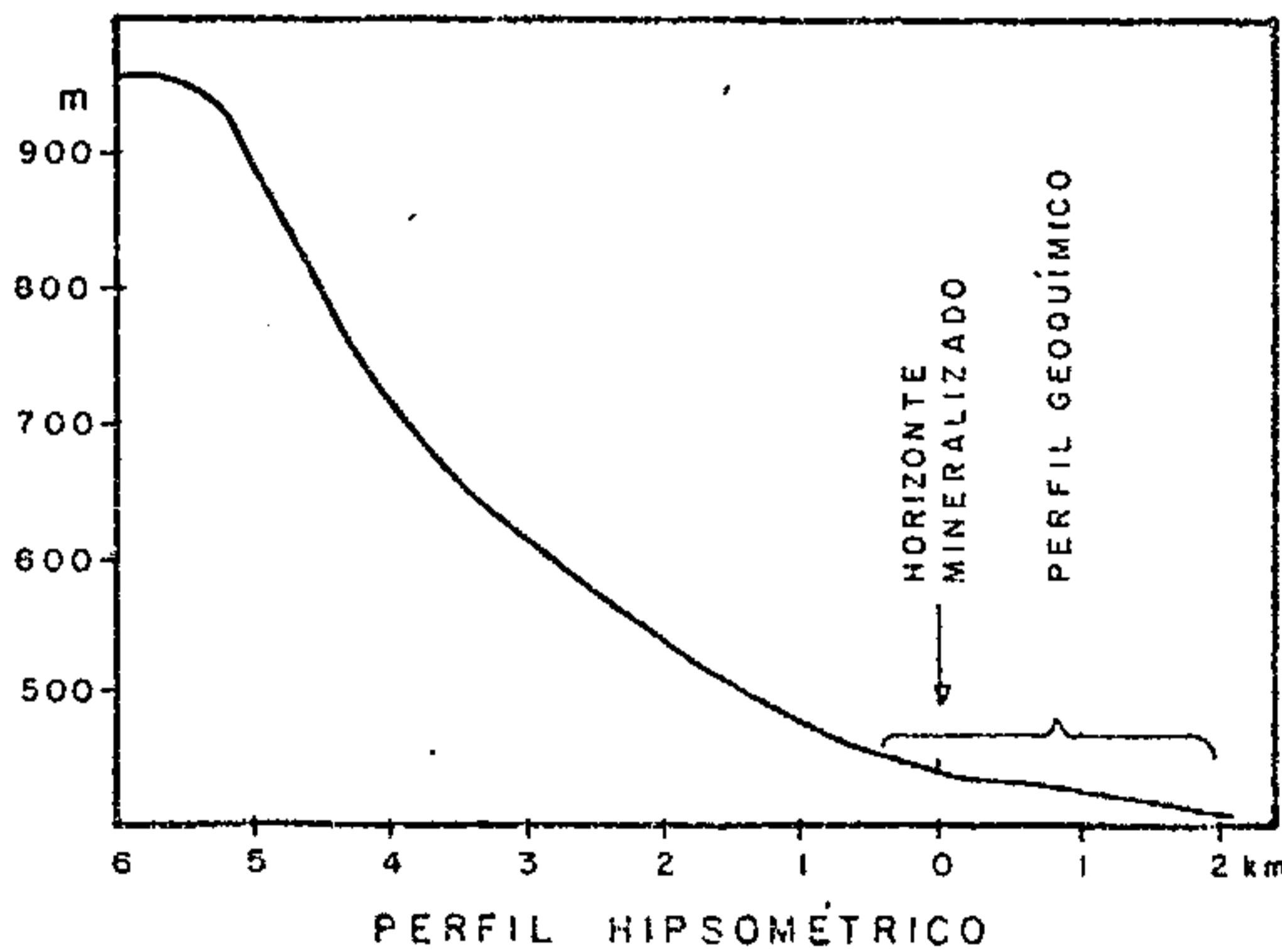
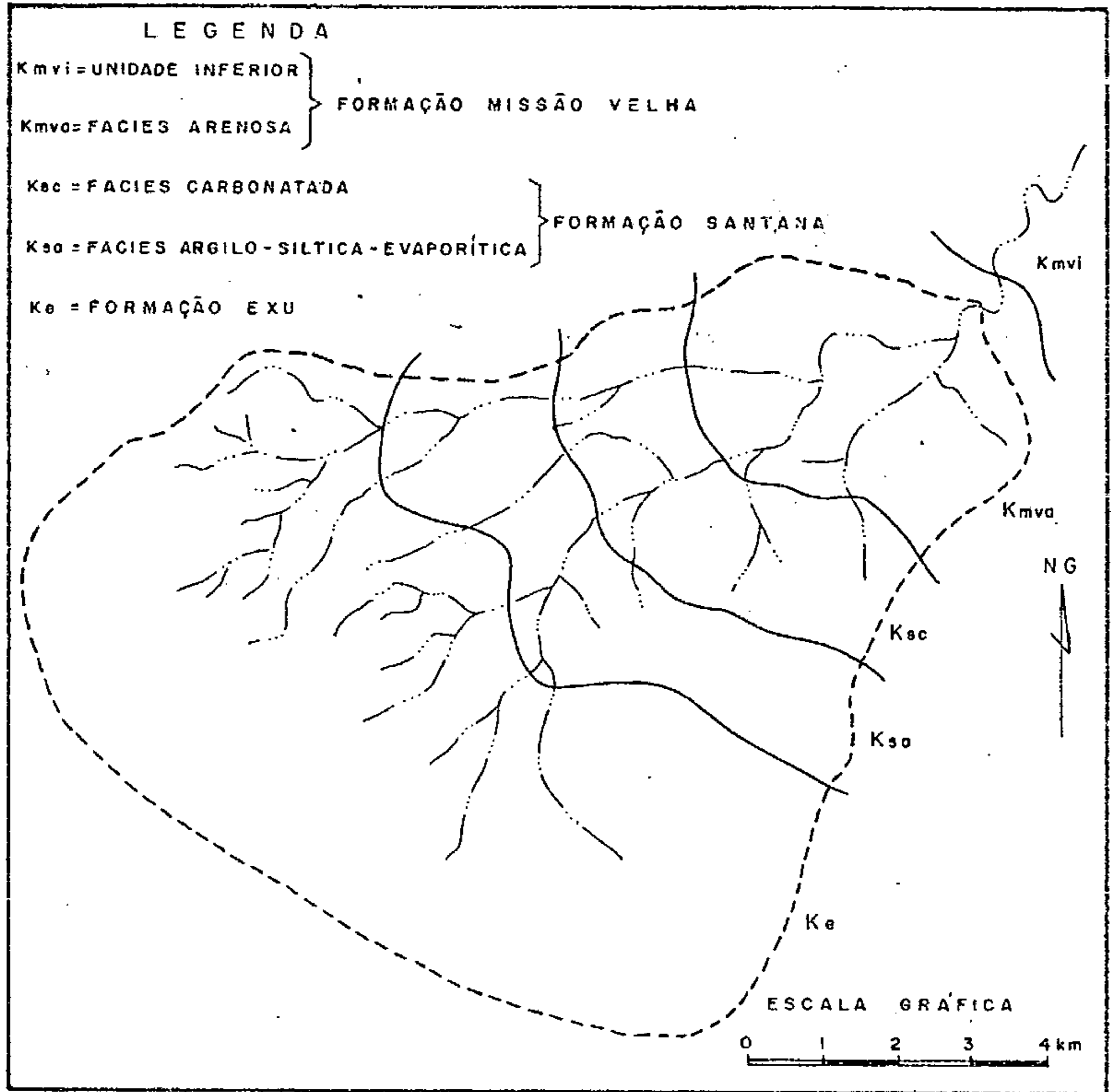


FIG. 27



PROJETO SANTANA SUREG-RE
SERVIÇO GEOQUÍMICO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE
MAPA DE DRENAGEM



CORRENTINHO
ÁREA DE DRENAGEM 18 km²

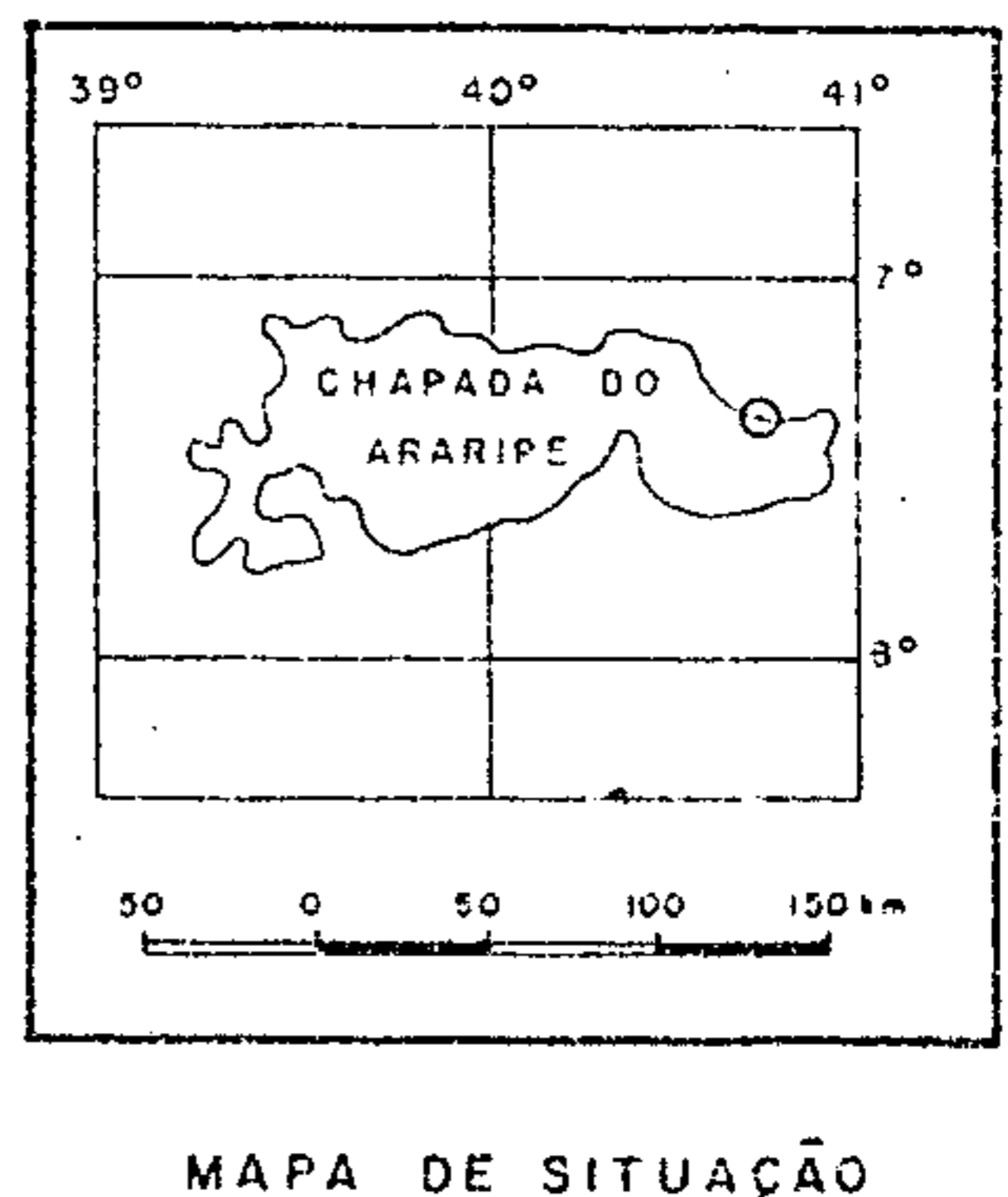
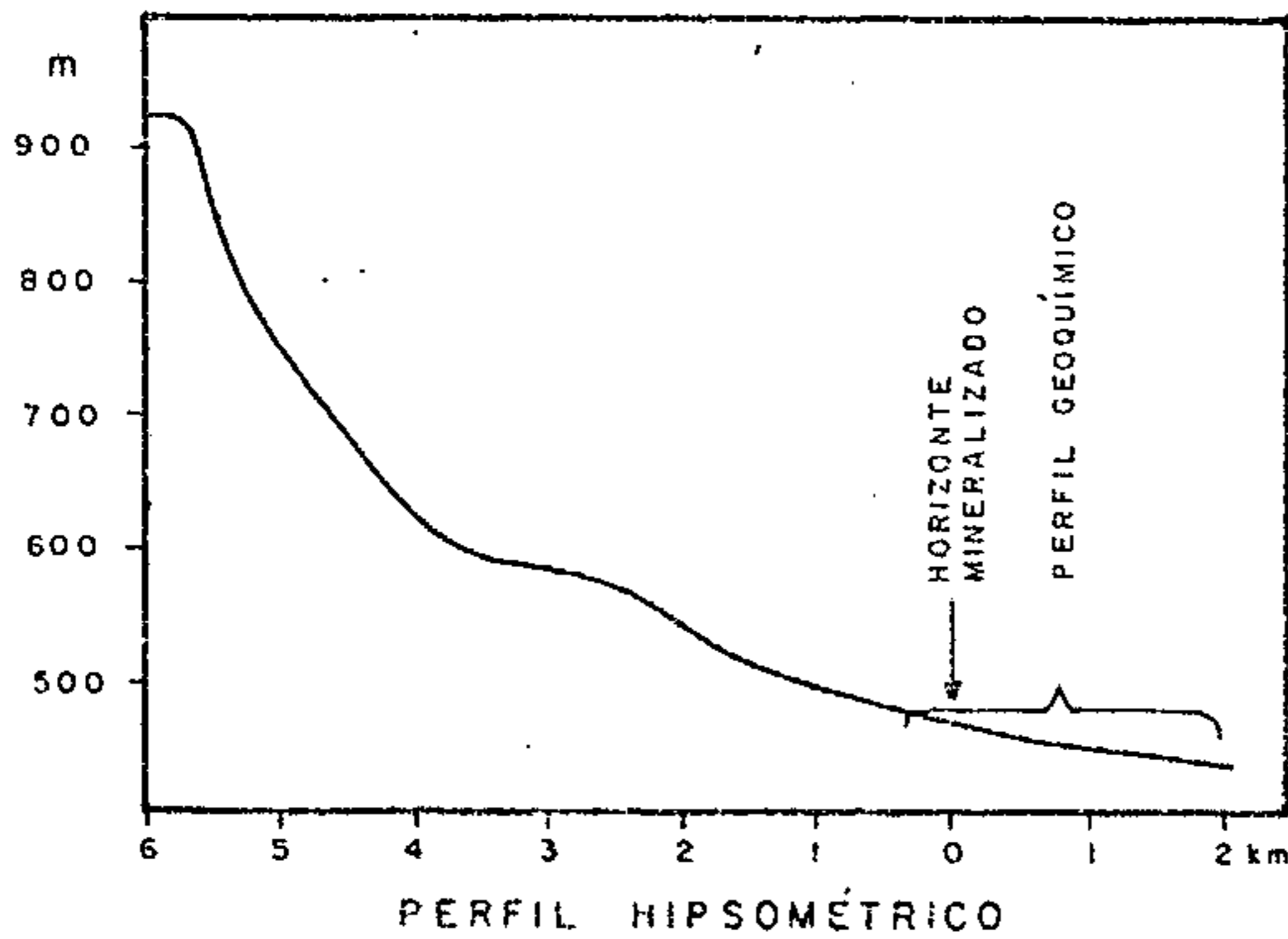
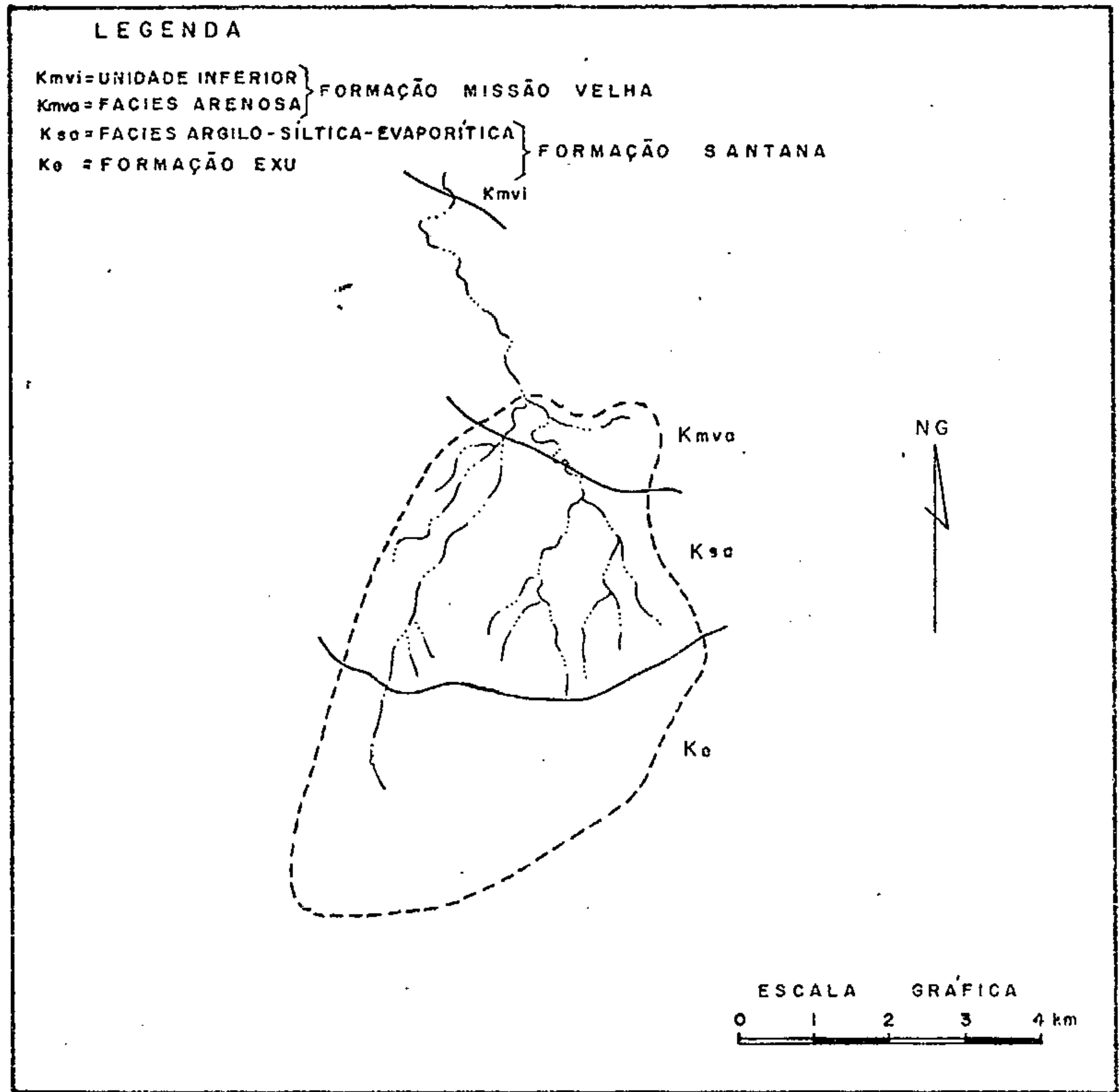


FIG. 28

PROJETO SANTANA SUREG-RE
SERVIÇO GEOQUÍMICO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE
MAPA DE DRENAGEM



GAMELEIRA
ÁREA DE DRENAGEM 4,5 km²

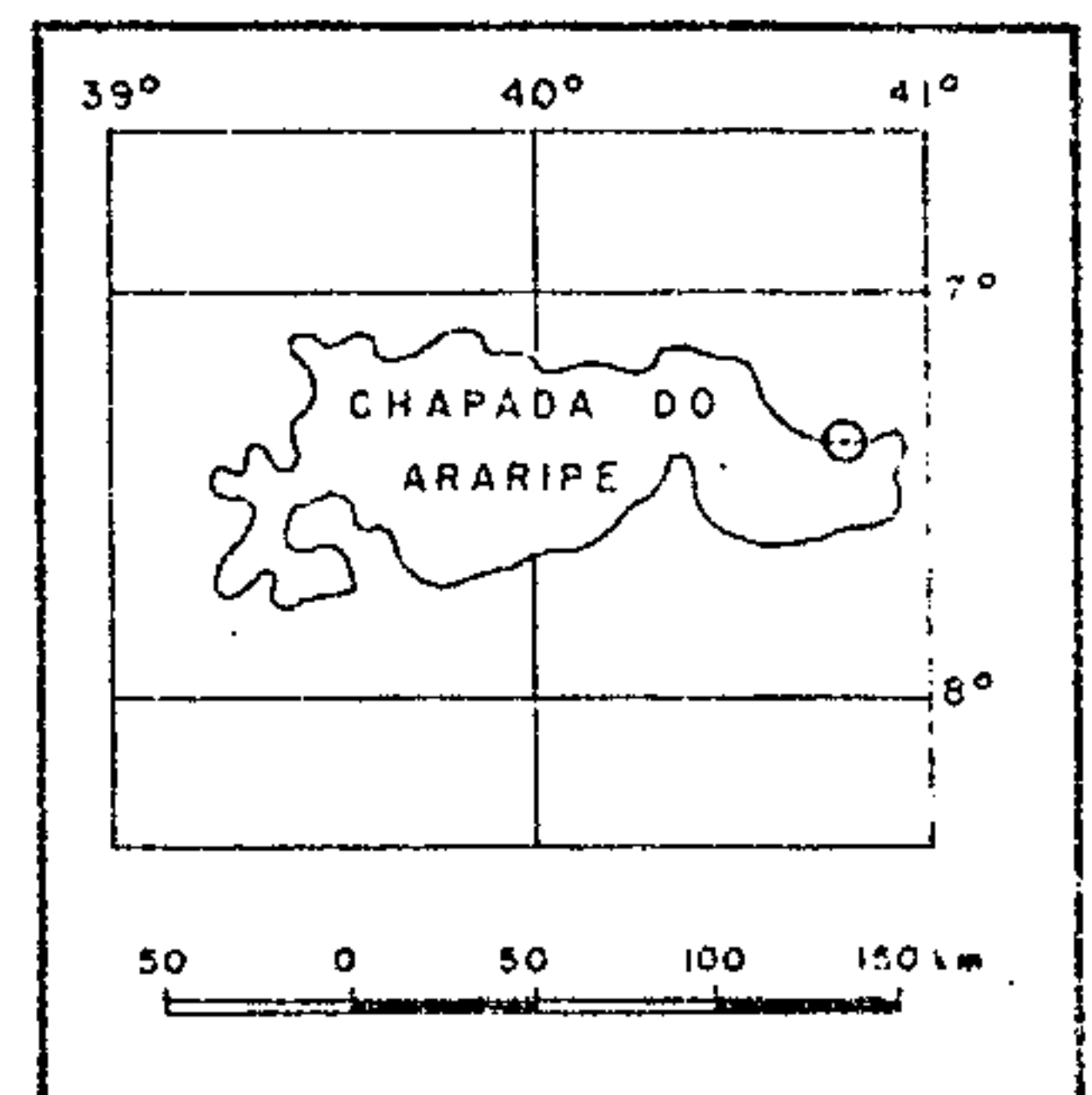
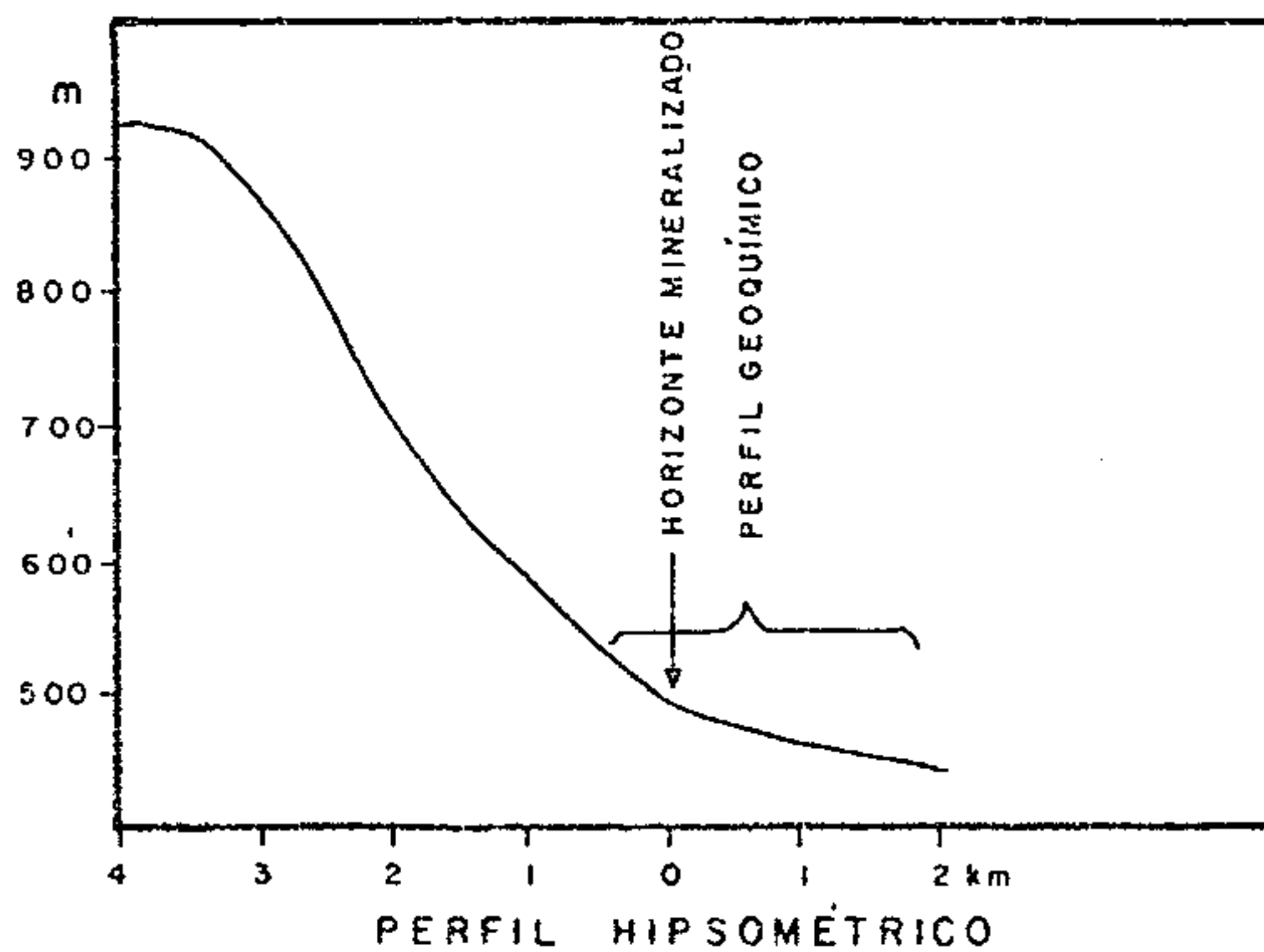
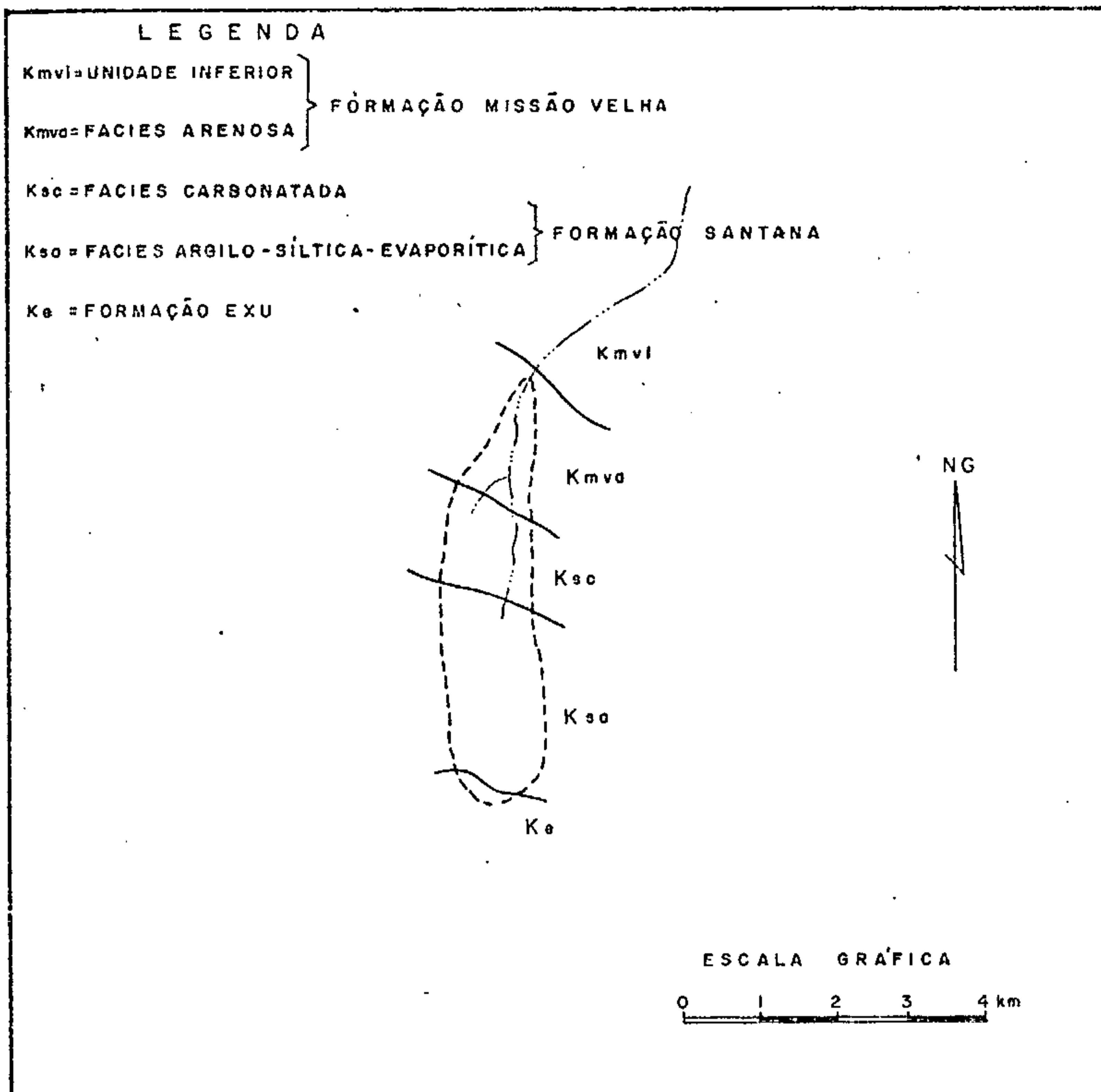


FIG. 29

SERVIÇO GEOQUÍMICO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE
 MAPA DE DRENAGEM



CARRANCUDO

ÁREA DE DRENAGEM 1,8 km²

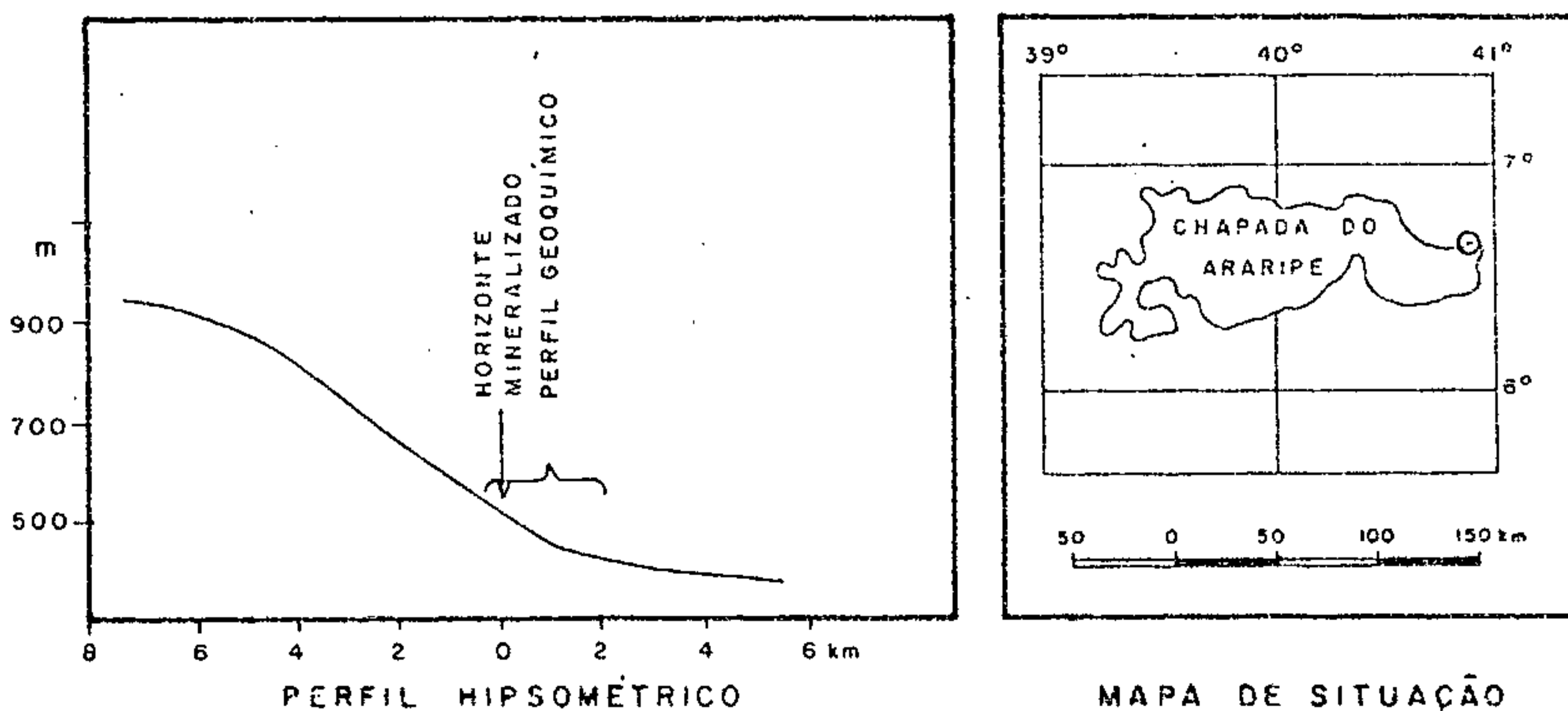
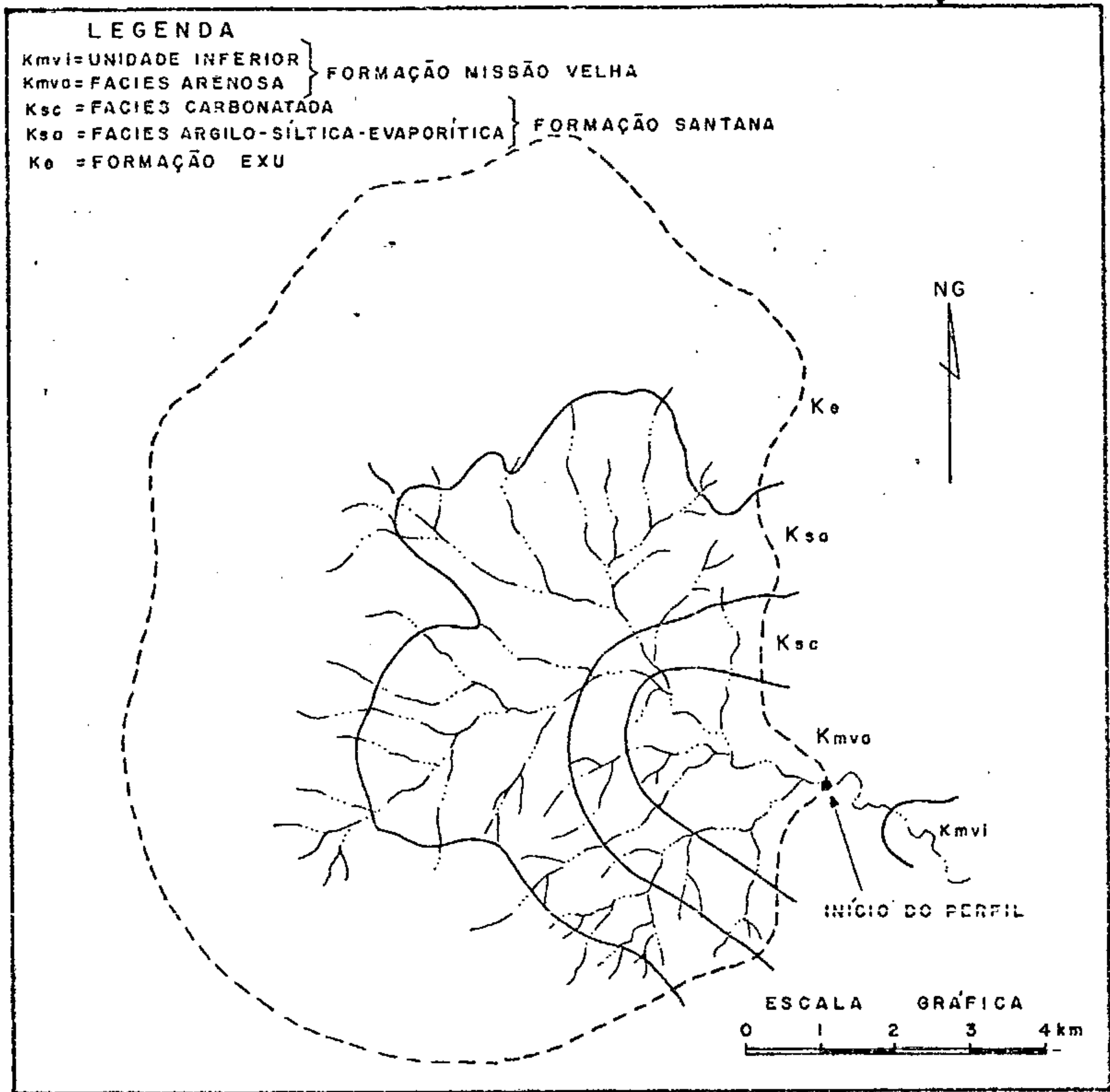


FIG. 30

SERVIÇO GEOQUÍMICO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE
 MAPA DE DRENAGEM



PÉ DA SERRA

ÁREA DE DRENAGEM 27 km²

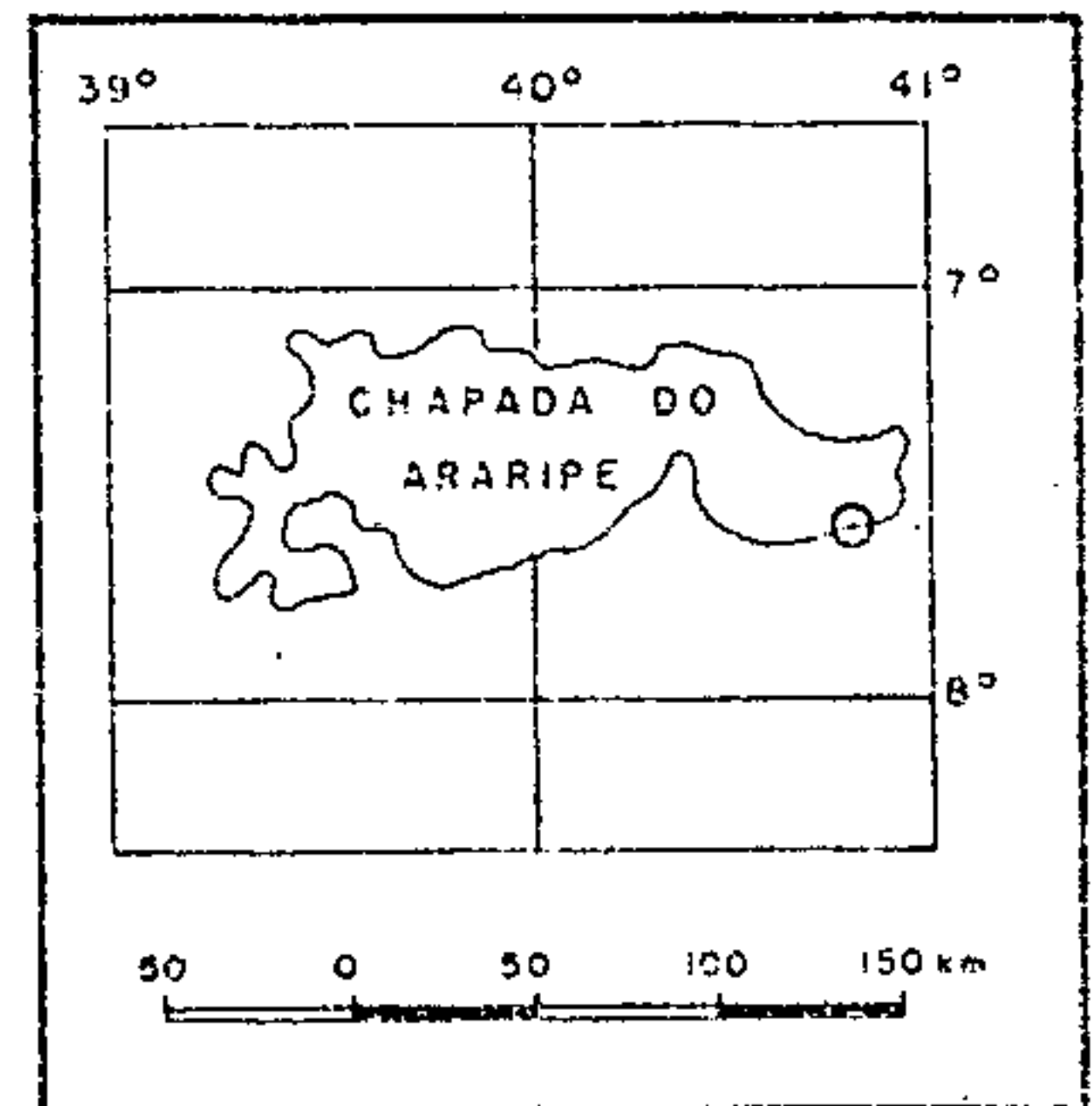
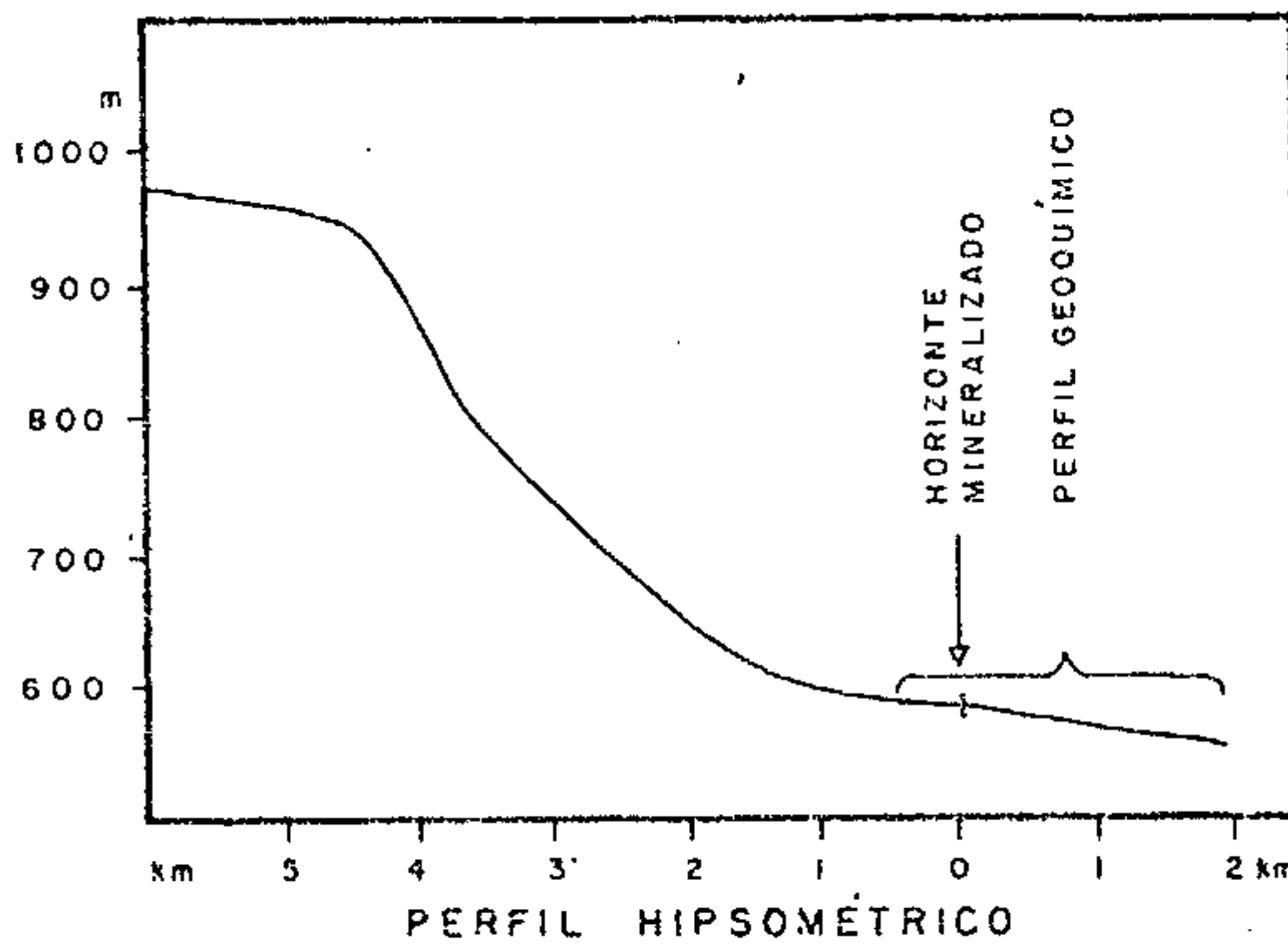
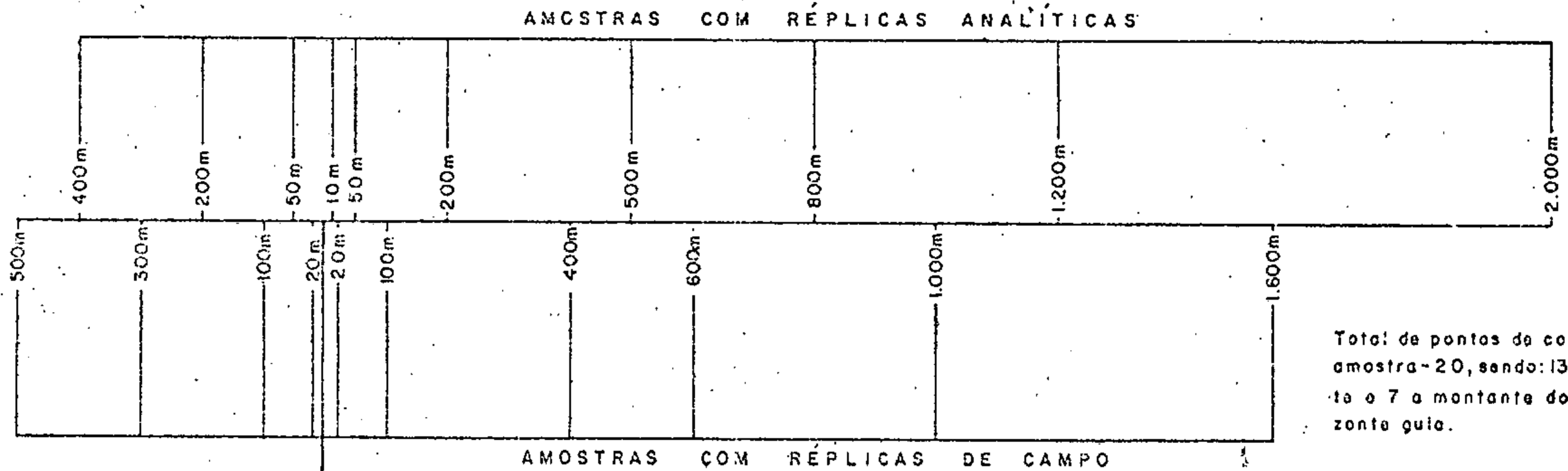


FIG. 31



PROJETO SANTANA SUREG - RE
 DISTRIBUIÇÃO ESQUEMÁTICA DOS PONTOS DE COLETA DE AMOSTRAS
 SERVIÇO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE



Total de pontos de coleta de amostra - 20, sendo: 13 a jusante e 7 a montante do horizonte guia.

MONTANTE ← → JUSANTE → SENTIDO DO CURSO D'AGUA

HORIZONTE GUIA (zona mineralizada)
(1m)

ESCALA: 1:10.000

FIG.32

As amostras de rochas foram coletadas dentro da Formação Santana e topo da Formação Missão Velha ao longo dos perfis geológicos, realizados nos cursos d'água que cortam a encosta da chapada e nas estradas que atravessam a área, estabelecendo-se um controle rígido da unidade litológica a que pertenciam.

Todos os dados de campo foram plotados nas Fichas de Campo-Amostra Geoquímica e enviadas também para o processamento dos dados.

7.4 - Preparação das Amostras e Técnica Analítica

a) Preparação das amostras

A preparação inicial das amostras seguiu características próprias segundo a sua natureza.

As amostras de sedimento de corrente foram preliminarmente secas em estufas a uma temperatura de 80°C e em seguida peneiradas para a separação da fração granulométrica menor que 80 mesh. Em 100 amostras (as originais) foi separada também a fração menor que 40 e maior que 80 mesh. Em seguida ambas as granulometrias foram pulverizadas a menos que 150 mesh e enviadas para as diversas seções responsáveis pelas diferentes técnicas analíticas solicitadas.

As amostras de rocha foram inicialmente trituradas, homogeneizadas e posteriormente pulverizadas a menos que 150 mesh, seguindo então o mesmo caminho das amostras de sedimento de corrente.

As análises realizadas no LAMIN estiveram sob a responsabilidade dos seguintes técnicos: Cecile S. Mayer, Célia M.T. Aride, Gerda P.M. de Gouveia, Ivonete P. Arraes e Mirian

M.V. Ferreira (Espectrofotometria de absorção atômica, Eletrodo de Íon específico e Colorimetria); Gloria B.C.T.C.B. da Silva, Maria Lucia M. Lemos, Elizabeth de B.B.W Pecego, Hugo A. Spinelli, Lauro O. Silva Jr. (Espectrografia de emissão); Maria L.M. Lastes, Maria Aparecida Lisboa (Análise química quantitativa).

b) Espectrografia de emissão

Da amostra enviada a seção foi retirada 10 mg e misturadas a 20 mg de pó de grafita, espectrograficamente puro, e a mistura colocada num eletrodo de grafita. Desta maneira são queimadas em espectrógrafo WADSWORTH com 1,5 m de caminho ótico da JARREL ASH, durante 2,15 minutos, os espectros emitidos por cada elemento são registrados em filme KODAK SA-1. A revelação é feita em um revelador KODAK D-19, durante 2 minutos, numa temperatura constante de 18°C.

A análise é feita para 30 elementos segundo padronização estabelecida pela CPRM (Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, La, Mg, Mn, Mo, Nb, Ni, Pb, Sb, Sc, Sn, Sr, Ti, V, W, Y, Zn e Zr pela comparação entre o filme obtido e um de padrões espectrográficos modelo. Esta comparação é feita visualmente em um comparador JARREL ASH.

As leituras são feitas segundo uma escala logarítmica que obedeceu a série 1 - 2 - 5 - 10 - 20 - 50 - 100 ppm, etc., e interpolações visuais entre estes valores, dados como 1 - 1,5 - 3 - 7 - 15 - 30 - 70 ppm etc.. A reprodutibilidade das leituras obedecem a um limite de confiança de 68% para um intervalo, e 95% para dois intervalos.

c) Métodos Rápidos

Cu, Pb, Zn, Ag, Fe e Mn (absorção atômica)

1 g de amostra pulverizada é digerida com ácido nítrico concentrado, sendo a fervura mantida por 1 hora. Após diluição à 10 ml com água diionizada, homogeneização e decantação, os elementos são determinados por espectrofotometria de absorção atômica. O instrumento é calibrado com padrões do elemento a determinar em HNO_3 1:1.

Foi utilizado na análise da maior parte das amostras do projeto um espectrofotômetro Perkin-Elmer modelo 103, onde as interferências observadas no Pb e na Ag, não podem ser corrigidas. Na parte final do projeto passou-se a utilizar um espectrofotômetro Perkin-Elmer modelo 306 com corretor de deutério, que anula estas interferências. A sensibilidade do método para Cu, Pb, Zn, Fe e Mn é de 5 ppm, e para a prata é de 0,5 ppm.

Fósforo (Método rápido)

Fusão de 0,2 g de amostra pulverizada com piro-sulfato de potássio; após este ataque a amostra é retomada com ácido nítrico diluído e uma alíquota apropriada tratada com vanadato e molibdato de amônio. A absorvância da cor amarela obtida é lida num espectrofotômetro de absorção molecular, Spectronic 20, e relacionada a % de P. A sensibilidade do método é de 0,01%.

Fluor (Eletrodo de íon específico)

0,2 g de amostra pulverizada com uma mistura de carbonato de sódio e nitrato de potássio. Após o ataque a amostra é retomada com água e diluída com uma solução de citrato de amônio. O fluor é então determinado pelo método do eletrodo de íon específico e as leituras obtidas relacionadas a ppm de

fluor. O instrumento utilizado é um potenciômetro Orion, modelo 407 AX. A sensibilidade do método é de 50 ppm.

d) Métodos Quantitativos

Calcário Industrial ($RI, R_2O_3, CaO, MgO, PF, P_2O_5$)

- RI - Ataque com ácido clorídrico, insolubilização e calcinação do precipitado.
- R_2O_3 - Precipitação do 3º grupo com cloreto de amônio e amônia, calcinação e pesagem do precipitado.
- CaO - Titulação por EDTA.
- MgO - Titulação por EDTA.
- P_2O_5 - Ataque ácido, desenvolvimento da cor com "metavandim", leitura no espectrofotômetro de absorção molecular.
- PF - Calcinação a 900° até peso constante.

Calcário Completo ($SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO, TiO_2, P_2O_5, PF, Li_2O$).

- SiO_2 - Fluorização do RI acima descrito.
- Al_2O_3 - Titulação por EDTA e sulfato de zinco.
- Fe_2O_3 - Ataque da amostra por ácido fluorídrico e clorídrico; leitura por absorção atômica.
- CaO - Titulação por EDTA.
- MgO - Titulação por EDTA.
- TiO_2 - Colorimetria com água oxigenada.

- Li_2O - Ataque de amostra com ácido fluorídrico, nítrico e perclórico e leitura por absorção atômica.
- P_2O_5 - Idêntico ao acima descrito.
- PF - Idêntico ao acima descrito.

Gêsso Industrial (RI , P_2O_5 , CaO , SO_3 , H_2O , Li_2O).

- RI - Idêntico ao acima descrito.
- R_2O_3 - Idêntico ao acima descrito.
- CaO - Titulação por EDTA.
- SO_3 - Precipitação por cloreto de bário e pesagem do precipitado.
- H_2O - Umidade a 235°C - 1 hora.
- Li_2O - Ataque da amostra com ácido fluorídrico, nítrico e perclórico, seguido de leitura por absorção atômica.

Determinação de Pb

- Ataque da amostra com ácido fluorídrico e perclórico, seguido de leitura por absorção atômica.

Determinação de Zn

- Ataque da amostra com ácido fluorídrico e perclórico, seguido de leitura por absorção atômica.

7.5-Resultados Obtidos-Geoquímica de Sedimento de Corrente

7.5.1 - Generalidades

As amostras de sedimento de corrente foram analisa

das para 30 elementos (Fe, Mg, Ca, Ti, Mn, Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, La, Mo; Nb, Ni, Pb, Sb, Sc, Sn, Sr, V, W, Y, Zn, Zr) por espectrografia de emissão e para Cu, Pb, Zn, Fe e Mn por espectrofotometria de absorção atômica. Aqueles dois últimos elementos foram analisados apenas nas 100 amostras originais na fração menor que 80 mesh.

Os resultados obtidos pelo LAMIN são plotados em boletins próprios já codificados para efeito de processamento eletrônico (Volume VII).

Muitas vezes, o conteúdo do elemento analisado na amostra excede ou não alcança os limites superiores e inferiores de detecção, respectivamente. Nestes casos os resultados são apresentados com qualificadores que representam valores não definidos. São também representados por qualificadores, os valores detectados do elemento na amostra que apresentam interferência; outrossim, quando o elemento não é detectado na amostra ele é também acompanhado de um qualificador.

Os códigos usados para os qualificadores são:

- L - acompanha o valor do limite inferior de detecção do método e significa menor que este limite.
- G - acompanha o valor do limite superior de detecção do método e significa maior que este limite.
- H - acompanha o valor obtido, porém ressalva que houve interferência na leitura.
- N - acompanha o valor limite inferior e significa que o elemento não foi detectado na amostra.
- I - este qualificador é usado quando a quantidade de amostra é insuficiente para análise.

7.5.2 - Processamento de dados.

A interpretação dos dados foi feita através de processamento eletrônico, segundo os programas de arquivamento e crítica dos dados e programas de aplicação, consistindo estes últimos em métodos estatísticos uni e multivariados. Todo este acervo de programa constitui o SEAG (Sistema de Estatística de Amostragem Geoquímica) do SEPRO/CPRM.

Inicialmente todos os dados obtidos em campo e os resultados analíticos foram agrupados em um Arquivo Geral do Projeto Santana. Neste arquivo estão registradas as informações da ficha de campo para amostra geoquímica e todos os resultados analíticos dispostos sistematicamente. Os dados descritivos e numéricos posicionam-se dentro do arquivo segundo uma matriz onde as colunas identificam as amostras e as filas os parâmetros descritivos e numéricos (anexo I). Os parâmetros descritivos são as observações contidas na ficha de campo para amostra geoquímica, representadas por código alfabético e que não medem nenhuma grandeza, como por exemplo classe da amostra, tipo de vegetação, etc. Os parâmetros numéricos (analíticos) são os valores numéricos não codificados e medidores de grandeza da ficha de campo, como por exemplo largura do rio, altitude, latitude e longitude, análises químicas, etc.

A partir do Arquivo Geral foram criados subarquivos exclusivamente de amostras de sedimento de corrente, visando uma análise por perfil geoquímico e por outras características comuns das amostras.

Foram os seguintes, os subarquivos criados:

I - Amostras originais menor que 80 mesh-abrange

as 100 amostras originais correspondentes aos 100 pontos localizados, na fração menor que 80 mesh.

II - Réplicas de campo e analíticas - formado pelas 100 réplicas das amostras originais menor que 80 mesh.

III - Réplicas analíticas e suas originais - constituído de 100 amostras menor que 80 mesh.

IV - Réplicas de campo e suas originais - contém 100 amostras menor que 80 mesh.

V - Fundão - originais e réplicas - composto pelas 40 amostras do perfil geoquímico de Fundão.

VI - Correntinho - originais e réplicas - 40 amostras do perfil geoquímico de Correntinho.

VII - Gameleira - originais e réplicas - 40 amostras do perfil geoquímico de Gameleira.

VIII - Carrancudo - originais e réplicas - contém 40 amostras de perfil geoquímico de Carrancudo.

IX - Pé da Serra - originais e réplicas - 40 amostras do perfil geoquímico de Pé da Serra.

X - Originais maior que 80 mesh - inclui as 100 amostras originais na fração menor que 40 mesh e maior que 80 mesh.

XI - Fundão Jusante - este subarquivo e os 4 subarquivos seguintes são constituídos pelas 26 amostras (13 originais e 13 réplicas) que se localizam a jusante do horizonte guia, de cada perfil.

XII - Correntinho Jusante - 26 amostras.

XIII - Gameleira Jusante - 26 amostras.

XIV - Carrancudo Jusante - 26 amostras.

XV - Pé da Serra Jusante - 26 amostras.

XVI - Amostras originais e réplicas menor que 80 mesh - neste subarquivo foram incluídas as 100 amostras originais menor que oitenta mesh e suas réplicas.

Além desses subarquivos foram criados outros auxiliares sem importância para a interpretação. Na criação das matrizes dos subarquivos foram utilizados apenas os resultados analíticos dos parâmetros numéricos.

Em todos os subarquivos foram aplicados programas de tratamento estatístico. Os programas do SEAG aplicados foram:

a - Contagem de Matriz Presta - PRGQM 105.

Este programa resume numa tabela, todos os valores numéricos encontrados na matriz do subarquivo, segundo uma contagem simples onde são definidos valores mínimo e máximo dos diversos parâmetros numéricos escolhidos. Para o caso particular dos subarquivos tratados com base neste programa foram selecionados apenas resultados analíticos dentro dos parâmetros numéricos.

A contagem ainda determina o número de amostras com valores definidos; abaixo do limite inferior de sensibilidade; acima do limite superior de sensibilidade; e o número de amostras onde os elementos analisados não foram detectados. É um programa que foi usado para se ter uma visão de conjunto de todos os subarquivos. Este programa foi utilizado em todos os subarquivos (Anexo 2).

b - Tabela de frequência - PRGQM 205.

O programa oferece uma série de opções para o tratamento. Foram escolhidas as seguintes: processamento de toda a matriz e os intervalos calculados por 6 - steps. O processamento de toda a matriz justifica-se desde que na construção da matriz dos subarquivos, já haviam sido selecionados os elementos de interesse. Os intervalos calculados por 6 - steps consistem em se tabelar a frequência dos dados segundo uma ordem fixa logarítmica (6 steps) que é a mesma utilizada na leitura das análises de espectrografia de emissão.

c - Sumário das Estatísticas e teste de distribuição.

Este programa, utilizando-se de uma série de opções, calcula as estatísticas descritivas da amostra, os estimadores da população e testa a hipótese suposta log-normal ou normal da distribuição segundo os testes de Kolomogorov-Smirnov e o do chi-quadrado (mais rígido). Além destes cálculos o programa imprime o histograma e a tabela de frequências acumuladas. No final ele imprime o sumário dos estimadores por subarquivo.

Nas opções dadas pelo programa foram escolhidas as seguintes: toda a matriz será processada; distribuição suposta log normal; intervalos calculados por 6 steps; serão processados os dados com valores definidos para os elementos que só tiveram valores definidos; e será censurada a distribuição para os elementos que tiveram valores qualitativos, segundo o método de Cohen.

Os dados constantes do subarquivo XVI - Amostras originais e réplicas menor que 80 mesh, foram resumidos em uma tabela (fig. 33). Os demais sumários dos estimadores do restan

PROJETO SANTANA SUREG-RE

SUMÁRIO ESTATÍSTICO - SERVIÇO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE

ELEMENTO	GM ppm	GD	C.V	N = 200 G. DET.	TEOR MÍNIMO ppm	TEOR MÁXIMO ppm	68 % NIV. INF. ppm	95 % NIV. SUP. ppm	ARQUIVO AMOSTRAS ORIGINAIS E RÉPLICAS MENOR QUE 80 MESH.
Fe - S %	3,31	1,68	0,56	200	1	10	5,56	9,74	GM = Média Geométrica GD = Desvio Geométrico CV = Coeficiente de variação N = Número de amostras G. DET. = Grau de detecção NIV. INF. = Nível inferior da significância NIV. SUP. = Nível superior da significância S = Espectrografia de emissão AA = Absorção Atômica Obs.: Os valores são expressos em ppm, exceto aqueles assinalados em porcentagem (%). Figura 33
Mg - S %	0,33	2,29	0,99	200	0,07	2	0,76	1,73	
Ca - S %	0,62	2,75	1,34	200	0,07	5	1,71	4,69	
Ti - S %	0,93	1,18	0,17	101	0,5	1	1,10	1,29	
Mn - S	1140	1,73	0,59	195	300	5000	1972	3412	
B - S	55	1,81	0,65	200	10	200	100	180	
Ba - S	2119	1,62	0,52	174	700	5000	3433	5561	
Co - S	7	1,42	0,36	190	5	20	10	14	
Cr - S	34	2,18	0,91	200	10	500	74	162	
Cu - S	14	2,16	0,90	198	5	100	30	65	
Li - S	35	2,06	0,83	184	20	500	72	149	
Mo - S	24	1,65	0,53	200	10	70	40	65	
Ni - S	16	2,16	0,90	179	5	150	35	75	
Pb - S	25	1,53	0,44	200	10	70	38	59	
Sr - S	119	1,36	0,32	181	100	300	162	220	
V - S	71	1,42	0,36	200	30	200	101	143	
Y - S	36	2,26	0,97	200	10	700	81	184	
Cu - A.A.	8	1,88	0,70	173	5	35	15	28	
Pb - A.A.	13	1,64	0,52	192	5	35	21	35	
Zn - A.A.	22	2,19	0,92	200	5	130	48	106	
Fe - A.A.	5951	1,64	0,53	99	2400	19000	9760	16006	
Mn - A.A.	208	1,75	0,60	100	65	850	364	637	

te dos subarquivos encontram-se no Volume VIII. Naquela tabela constam a média geométrica (GM); desvio geométrico (GD); coeficiente de variação (CV); grau de detecção para N (Número de amostras) igual a 200; valores mínimo e máximo detectados, valores limiares para os níveis de significância de 68% (GM.GD) e de 95% (GM.GD²).

Alguns elementos como Be, Mo, Sc, Zn, S e Zr não tiveram seus estimadores calculados devido ao pequeno número de valores definidos.

d - Matriz de Correlação - PRGQM 305.

Este programa calcula a correlação existente entre os diversos elementos, indicando ainda o número de amostras, dentro do qual foi calculado o coeficiente de correlação. Este coeficiente mede a razão entre a covariância de duas variáveis e os produtos de seus desvios padrão:

$r = \frac{COV}{S_1 S_2}$ e é calculado apenas com valores definidos dos resultados analíticos.

A partir do resultado do programa foram constituídas quatro tabelas para quatro subarquivos diferentes: 1) Subarquivo XVI - Amostras originais e réplicas menor que 80 mesh - para se ter uma idéia da correlação de todo o conjunto (fig. 34); 2) Subarquivo XIV - Fundação Jusante - amostras de um perfil mineralizado, de área de drenagem pequena, onde foram obtidos os mais altos valores dos resultados analíticos (fig. 35); 3) Subarquivo X - originais maior que 80 mesh - amostras de granulometria maior que 80 mesh (fig. 36); 4) Subarquivo XV - Pé da Serra Jusante - amostras do perfil não mineralizado, onde foram obtidos os mais baixos valores dos resultados analíticos (fig. 37).

PROJETO SANTANA SUREG-RE
GRÁFICO DE CORRELAÇÕES - SERVIÇO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE
ARQUIVO AMOSTRAS ORIGINAIS E RÉPLICAS MENOR QUE 80 MESH

	Fe S	Mg S	Ca S	Mn S	Ba S	Co S	Cu S	Ni S	Sr S	Cu A.A.	Pb A.A.	Zn A.A.	
Zn A.A.	•	⊙	⊙	•	•	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	1	S Espectrografia A.A. Absorção Atômica ⊙ > 0,7 - Correlação excelente ⊙ 0,6-0,7 - Correlação boa ⊙ 0,5-0,6 - Correlação regular ○ 0,4-0,5 - Correlação baixa • < 0,4 - Sem correlação
Pb A.A.	⊙	⊙	⊙	•	•	⊙	○	⊙	○	⊙	1		
Cu A.A.	○	⊙	⊙	•	○	⊙	⊙	⊙	○	1			
Sr S	○	⊙	⊙	•	•	⊙	○	⊙	1				
Ni S	⊙	⊙	⊙	•	○	⊙	⊙	1					
Cu S	⊙	⊙	⊙	•	•	⊙	1						
Co S	⊙	⊙	⊙	•	•	1							
Ba S	•	•	⊙	•	1								
Mn S	⊙	•	•	1									
Ca S	•	⊙	1										
Mg S	•	1											
Fe S	1												

FIG. 34

PROJETO SANTANA SUREG-RE
GRÁFICO DE CORRELAÇÕES - SERVIÇO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE
ARQUIVO CARRANCUDO JUSANTE

	Fe S	Mg S	Ca S	Mn S	Ba S	Co S	Cu S	Ni S	Sr S	Cu A.A.	Pb A.A.	Zn A.A.	
Zn A.A.	⊙	⊙	⊙	•	•	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	1	S Espectrografia A.A. Absorção Atômica ⊙ > 0,7 - Correlação excelente ⊙ 0,6-0,7 - Correlação boa ⊙ 0,5-0,6 - Correlação regular ○ 0,4-0,5 - Correlação baixa • < 0,4 - Sem correlação
Pb A.A.	⊙	•	⊙	⊙	•	⊙	⊙	⊙	○	⊙	1		
Cu A.A.	⊙	⊙	⊙	•	•	⊙	⊙	⊙	⊙	1			
Sr S	⊙	○	⊙	•	•	•	⊙	⊙	1				
Ni S	⊙	⊙	○	○	•	⊙	⊙	1					
Cu S	⊙	⊙	⊙	⊙	•	⊙	1						
Co S	⊙	⊙	○	•	•	1							
Ba S	○	•	•	⊙	1								
Mn S	⊙	•	⊙	1									
Ca S	⊙	⊙	1										
Mg S	⊙	1											
Fe S	1												

FIG. 35

PROJETO SANTANA. SUREG-RE
 GRÁFICO DE CORRELAÇÕES - SERVIÇO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE
 ARQUIVO AMOSTRAS ORIGINAIS MAIOR QUE 80 MESM

	Fe s	Mg s	Ca s	Mn s	Ba s	Co s	Cu s	Ni s	Sr s	Cu A.A.	Pb A.A.	Zn A.A.	
Zn A.A.	①	②	③	○	○	③	•	③	③	③	③	1	S Espectrografia A.A. Absorção Atômica ③ > 0.7 - Correlação excelente ② 0.6-0.7 - Correlação boa ③ 0.5-0.6 - Correlação regular ○ 0.4-0.5 - Correlação baixa • < 0.1 - Sem correlação — Número insuficiente de dados para o cálculo. () Correlação negativa
Pb A.A.	•	①	③	•	•	○	•	③	—	•	1		
Cu A.A.	③	③	③	①	①	③	•	③	③	1			
Sr s	③	③	③	③	(③)	③	③	○	1				
Ni s	③	③	③	①	•	•	•	1					
Cu s	○	•	•	•	•	•	1						
Co s	①	③	③	③	○	1							
Ba s	①	③	③	③	1								
Mn s	③	•	③	1									
Ca s	③	③	1										
Mg s	①	1											
Fe s	1												

FIG. 36

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 GRÁFICO DE CORRELAÇÕES - SERVIÇO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE
 ARQUIVO PÉ DA SERRA JUSANTE

	Fe S	Mg S	Ca S	Mn S	Ba S	Co S	Cu S	Ni S	Sr S	Cu A.A.	Pb A.A.	Zn A.A.	
Zn A.A.	(○)	⊙	•	(○)	(⊖)	(•)	(•)	⊙	•	—	(•)	1	S Espectrografia A.A. Absorção Atômica ⊙ > 0,7 - Correlação excelente ⊖ 0,6-0,7 - Correlação boa ⊙ 0,5-0,6 - Correlação regular ○ 0,4-0,5 - Correlação baixa • < 0,4 - Sem correlação — Número insuficiente de dados para o cálculo. () Correlação negativa
Pb A.A.	⊙	(•)	(•)	⊙	(○)	•	(○)	•	•	—	1		
Cu A.A.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1			
Sr S	•	•	•	•	—	•	•	—	1				
Ni S	(•)	⊙	⊖	(•)	(•)	•	⊙	1					
Cu S	•	(•)	•	(•)	(•)	•	1						
Co S	⊙	•	•	⊙	⊙	1							
Ba S	•	(•)	(•)	○	1								
Mn S	⊙	(•)	(•)	1									
Ca S	•	○	1										
Mg S	(•)	1											
Fe S	1												

FIG. 37

e - Análise de Variância - PRGQM 405.

A análise de variância é uma técnica estatística destinada a estimar a variabilidade associada com as diferentes fontes de variação, sejam elas inerentes a própria natureza da amostra, como também aquelas introduzidas durante a coleta e análise.

Esta análise foi restrita aos subarquivos III e IV preparados para tal fim. Ela permite, através de um modelo estatístico, definir para cada possível fonte de variância, a parcela individual de contribuição para a variabilidade total observada entre os resultados; ela é feita através do programa de análise de variância "one way", adaptado pelo SEAG-CPRM. O tratamento estatístico foi feito em toda a matriz com os valores transformados logaritmicamente ao nível de significância de 0,05.

O programa fornece para todos os níveis e para cada elemento estudado a soma dos quadrados, graus de liberdade, quadrado médio, o componente da variância, a relação F (exceto para o último nível), a probabilidade estimada e a significância da variância.

Para a utilização do programa PRGQM 405, foi necessário antes utilizar o programa PRGQM 305 - geração de transformação para converter os dados qualificados em definidos diminuindo 1 step para os resultados L, 2 step para os resultados N, eliminar o qualificador H, aumentar 1 step para G.

Para a aplicação do programa, utilizou-se o modelo de amostragem realizado na área, onde temos 50 amostras originais com 50 réplicas de campo (subarquivo IV) e 50 amostras originais com 50 réplicas analíticas (quarteadas) constituin

tes do subarquivo III.

Estabeleceu-se dentro dos subarquivos uma estrutura hierárquica da seguinte maneira:

	Nº	TOTAIS
1) Número de pontos de coleta de amostras	50	50
2) Número de réplicas em cada ponto	2	100

Isto é válido para ambos os subarquivos. Esta estrutura hierárquica permite estabelecer a variabilidade introduzida pela coleta da amostra e pela análise da mesma.

O programa nos dá os seguintes resultados: no subarquivo IV - a variância entre as amostras mais a variância entre réplicas de campo igual a variância total; no subarquivo III - a variância entre amostras mais a variância entre réplicas analíticas (variância dentro da amostra) igual a variância total.

No subarquivo IV tem-se a variância devido a amostragem mais a analítica. O programa ao comparar a réplica de campo com sua original, nos fornece a variância de uma para outra (ou seja a que existe entre a original e sua réplica de campo). Porém, deve-se ressaltar que esta variância inclui a analítica (devido ao laboratório). Dessa maneira obtém-se a variância entre réplicas de campo que é igual a variância de amostragem mais aquela devido ao laboratório.

No subarquivo III calcula-se a variância entre as réplicas analíticas e suas originais, ou seja aquela que é devida ao laboratório. O programa, a semelhança do que realizou com o subarquivo IV, compara a amostra replicada com a sua original, sendo que neste caso a variância é exclusivamente devido ao laboratório pois a amostra pela sua própria natureza foi

homogeneizada e quarteada e teoricamente a réplica e a sua original são iguais.

Como as variâncias foram calculadas separadamente em dois subarquivos independentes, deve-se adotar certas premissas a fim de ser possível a comparação entre os resultados:

1. Os dois subarquivos III e IV são duas populações amostradas de uma mesma população alvo, portanto seus parâmetros tendem a ser iguais.

2. Os resultados obtidos para cada um dos subarquivos são válidos para a população inteira.

Para facilitar a visualização dos dados utilizou-se além dos valores dos componentes da variância em logarítmos, seus valores transformados em percentagem, segundo sugestão feita pelo Richard Ebens (in "Curso de Geoquímica - 1975" - relatório integrado) e segundo o mesmo, em comunicação verbal, adotado na prática pela USGS.

Todos os dados foram resumidos na tabela (fig.38). Para elaboração da tabela utilizou-se a seguinte adaptação:

1) Se a componente da variância do nível 2 do subarquivo III (variância de laboratório) for maior que a componente do nível 2 do subarquivo IV (variância de laboratório + variância de amostragem), adota-se a do subarquivo III como sendo a do subarquivo IV e considera-se a variância de amostragem igual a 0 (zero).

2) No caso contrário, admite-se que a variância devido a coleta de amostras (subarquivo IV) é a mesma para o subarquivo III e subtrai-se dela a variância de laboratório, obtendo-se dessa maneira a variância de amostragem.

PROJETO SANTANA SUREG-RE
SERVIÇO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE
ANÁLISE DE VARIÂNCIA

ELEMEN- TO	VARIÂNCIA TOTAL	VARIÂNCIA ENTRE AMOSTRAS + LABORATÓRIO	%	VARIÂNCIA LABORATÓRIO	%	VARIÂNCIA ENTRE AMOSTRAS	%
Fe s	0.055300	0.021776	39	0.011636	21	0.01014	18
Mg s	0.125712	0.016972	14	0.014682	12	0.00229	2
Cu s	0.183197	0.018617	10	0.014786	8	0.00383	12
Mn s	0.082576	0.030773	37	0.013832	17	0.016941	20
B s	0.0658385	0.059676	91	0.045985	70	0.013691	21
Ba s	0.072599	0.022076	30	0.018137	25	0.003939	5
Co s	0.040674	0.016717	41	0.010789	27	0.005928	14
Cr s	0.126584	0.071352	56	0.071352	56	0	0
Cu s	0.129225	0.055790	43	0.053259	41	0.002531	2
La s	0.114421	0.097225	85	0.059920	52	0.037305	33
Nb s	0.052335	0.038716	74	0.013393	26	0.025323	48
Ni s	0.178522	0.044912	25	0.044912	25	0	0
Pb s	0.0367123	0.019123	52	0.014497	39	0.004626	13
Sr s	0.0210297	0.0050147	24	0.0047121	22	0.0003025	2
V s	0.0182768	0.0123226	67	0.010302	56	0.002024	11
Y s	0.141283	0.11087	78	0.057742	41	0.053128	37
Cu AA	0.095888	0.015499	16	0.015499	16	0	0
Pb AA	0.0577126	0.0059666	10	0.0059666	10	0	0
Zn AA	0.119871	0.013531	11	0.0031254	3	0.0104056	8

S - Espectrografia de emissão

AA - Absorção atômica

Figura 38.

7.5.3 - Interpretação dos resultados

Antes da análise dos resultados obtidos pelo tratamento estatístico dos dados, deve-se levar em consideração o seguinte: 1 - a não aleatoriedade dos pontos de coleta de amostra devido ao esquema do serviço orientativo; 2 - a consequente limitação dos parâmetros e inferências estatísticas devido a esta não aleatoriedade.

Para uma interpretação conjunta dos resultados realizou-se o estudo dos mesmos com base na análise de variância, na matriz de correlação e no sumário dos estimadores dos subarquivos XVI, X, XIV e XV.

O subarquivo XVI engloba todas as amostras coletadas dos 4 perfis mineralizados e do não mineralizado, na fração menor que 80 mesh. O subarquivo X inclui as amostras originais analisadas na fração maior que 80 mesh. Os demais, XIV e XV, correspondem respectivamente ao conjunto de amostras do mais mineralizado (Carrancudo) e do não mineralizado (Pé da Serra).

A partir da análise de variância foram selecionados os elementos cujos resultados são considerados consistentes. O critério utilizado foi aquela onde a variância introduzida na amostra (variância de amostragem + variância analítica) não poderá exceder 50%, Ebens et alii (op.cit.). Selecionamos então os elementos Fe, Mg, Ca, Mn, Ba, Co, Cu, Ni e Sr por espectrografia de emissão e Cu, Pb e Zn por absorção atômica. Os demais elementos devido a inconsistência dos dados foram desprezados. O Fe e o Mn por absorção atômica não constaram da análise de variância devido terem sido analisados apenas nas originais menor que 80 mesh.

Os elementos analisados por absorção atômica tiveram uma variância bem menor que os analisados por espectrografia de emissão (vide fig. 38).

Os elementos que tiveram resultados confiáveis foram selecionados para elaboração das matrizes de correlação (figs. 34, 35, 36 e 37), das quais se pode deduzir algumas observações importantes:

- excelente correlação entre si de Pb, Zn e Cu por absorção atômica e Ni por espectrografia.

- também muito boa a correlação de Ca e Mg, com Zn e Cu nos subarquivos XVI e XIV.

- o Zn e o Ni mantêm muito boas correlações nas granulometrias maior que 80 mesh e menor que 80 mesh com o Cu e o Pb e entre si, porém, os outros dois elementos só possuem boas correlações na fração menor que 80 mesh. Para esta última observação pode-se acrescentar que na fração maior que 80 mesh os valores de Pb caem numa certa proporção, enquanto que o Cu passa quase que totalmente para valores abaixo do limite de detecção.

De acordo com as observações feitas nas análises de variância, matrizes de correlação e sumários dos estimadores, elegeu-se o zinco como elemento principal para a identificação de mineralizações estratiformes de Pb, Zn e Cu na Formação Santana e topo da Formação Missão Velha, pelos seguintes motivos:

- 1) É um elemento cujos resultados são confiáveis, com apenas 11% de variância introduzida (vide fig. 38);
- 2) Apresenta excelentes correlações em qualquer granulometria;
- 3) É um elemento de grande mobilidade e sem problemas de caráter analítico (como interferência).

4) Apresenta grande amplitude de valores, ressaltando ainda mais os resíduos anômalos.

Dessa maneira a análise dos resultados foi feita principalmente em relação ao zinco. Considerou-se que as conclusões extraídas sobre o comportamento deste elemento são válidas para os demais, já que para o tipo de mineralização esperado o zinco pode servir tanto como indicador de suas próprias mineralizações como também "pathfinder" de mineralizações de cobre e chumbo do tipo estratiforme. Foram construídos ainda os perfis para Cu, Ni, Ca e Mg (espectrografia de emissão) e Pb (absorção atômica) para visualização e comparação. Os demais elementos, muito embora tenham resultados consistentes, segundo a análise de variância, não foram plotados nestes perfis porém serão considerados na análise. Para efeito de comparação, confeccionou-se uma tabela comparativa de granulometrias (maior e menor que 80 mesh) com os dados dos subarquivos X e XVI (fig. 39). Nesta tabela plotaram-se as médias e os desvios geométricos e a relação entre o valor máximo e a média de cada elemento, refletindo o contraste das duas granulometrias. Pode-se concluir da observação da tabela que a granulometria menor que 80 mesh (padronizada pela CPRM), presta-se melhor para refletir os contrastes geoquímicos dos principais elementos analisados (Cu_s , Pb_{aa} , Zn_{aa} , Ni_s) no serviço executado.

Para uma análise individual dos perfis faz-se mister considerar certos aspectos inerentes a geologia e geomorfologia e que afetam diretamente a concentração e distribuição dos elementos nos sedimentos de corrente:

1. Relevo acidentado, com grande desnível dentro da área de drenagem, provocando o entulhamento dos talwegues com

PROJETO SANTANA SUREG-RE

SERVIÇO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE

TABELA COMPARATIVA DE CONTRASTE DAS GRANULOMETRIAS

ELEMEN- TOS	GM ₍₁₎	GM ₍₂₎	VALOR MÁXIMO (1)	VALOR MÁXIMO (2)	GD ₍₁₎	GD ₍₂₎	CONTRASTE (1) VALOR MÁX. GM ₍₁₎	CONTRASTE (2) VALOR MÁX. GM ₍₂₎
(%) Fe - s	3,38	0,69	10	3	1,694	1,750	2,96	4,35
(%) Mg - s	0,35	0,08	1,5	1	2,217	2,510	4,29	12,5
(%) Co - s	0,64	0,20	5	2	2,664	2,708	7,81	10,00
(%) Ti - s	0,90	0,32	1	1	1,222	1,170	1,11	3,13
Mn - s	1196	312	5000	1500	1,635	1,803	4,18	4,81
B - s	62	22	200	150	1,784	2,072	3,23	6,82
Ba - s	2388	982	5000	5000	1,565	1,791	2,09	5,09
Co - s	7	5	15	10	1,406	1,157	2,14	2,00
Cr - s	37	17	200	70	2,099	1,846	5,41	4,12
Cu - s	14	10	100	50	2,302	1,755	7,14	5,00
La - s	32	26	300	50	2,054	1,245	9,38	1,92
Nb - s	24	14	70	70	1,669	1,607	2,92	5,00
Ni - s	17	11	100	30	2,092	1,871	5,88	2,73
Pb - s	26	16	70	50	1,512	1,605	2,69	3,13
V - s	70	29	200	70	1,465	1,461	2,86	2,41
Y - s	35	13	700	30	2,296	1,586	20,00	2,31
Cu - AA	8	7	35	25	1,891	1,614	4,38	3,57
Pb - AA	12	5	35	10	1,618	1,253	2,92	2,00
Zn - AA	22	9	130	75	2,238	2,123	5,91	8,33
Fe - AA	5951	2482	19000	19000	1,642	1,732	3,19	7,66
Mn - AA	207	91	850	340	1,746	1,989	4,11	3,74

(1) Amostras < 80 mesh

(2) Amostras > 80 mesh

GM: Média geométrica

GD: Desvio geométrico

Figura 39



material coluvial e conseqüentemente a heterogeneidade na distribuição dos elementos traços do horizonte guia, no sedimento de corrente.

2. A relativa homogeneidade das seqüências litológicas sobrejacentes ao horizonte (arenitos, calcários, gipsita, margas e folhelhos) e também as subjacentes (arenitos e folhelhos) entre todos os perfis.

3. O ambiente de pH relativamente alto (> 7) devido a grande quantidade de calcários nas seqüências superiores ao horizonte guia.

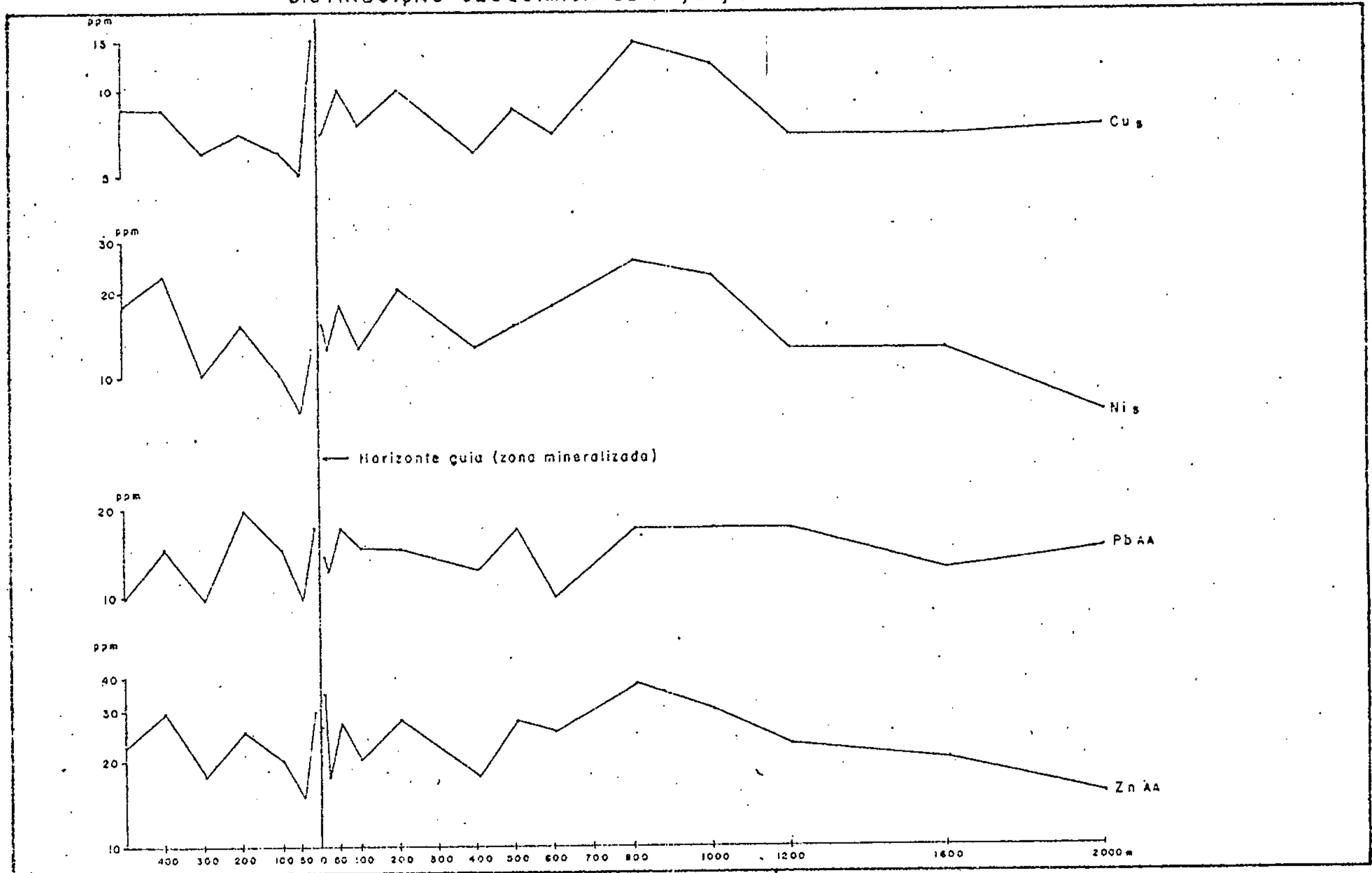
É necessário na análise dos perfis utilizar um padrão comparativo dos valores considerados de "background". Em cada perfil, as condições de concentração dos elementos traços mudam, devido a fatores indiretos tais como, área de drenagem e topografia. Isto nos leva a admitir como "background" para cada uma das drenagens o valor médio obtido pelas amostras a montante do horizonte mineralizado de cada perfil.

7.5.3.1 - Fundão (fig. 40).

a) Cobre, Níquel e Chumbo - Estes elementos apresentam-se com uma variação típica de valores de "background". A influência do horizonte guia no aumento da concentração dos elementos metálicos no sedimento é nula. Apenas a partir de 1.000 metros a jusante daquele horizonte começa-se a sentir a influência dos arenitos inferiores e o teor médio baixa, sem nenhuma relação no entanto, com a mineralização.

b) Zinco - Reflete um pouco a mineralização, porém não ao nível do tamanho da ocorrência (em relação aos outros perfis).

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 SERVIÇO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE
 DISTRIBUIÇÃO GEOQUÍMICA DE Pb, Zn, Cu e Ni NO PERFIL DE FUNDÃO



S - Análise espectrográfica de emissão semi-quantitativa
 AA - Análise por absorção atômica

FIG. 40

7.5.3.2 - Correntinho (Fig. 41).

a) Cobre, Níquel e Chumbo - Caracterizam muito mais o destaque litológico entre as sequências carbonáticas e arenitos que a mineralização que se insinua muito debilmente.

b) Zinco - Reflete mais ou menos a mineralização, muito embora de maneira irregular, no entanto, destacando claramente a heterogeneidade do sedimento.

7.5.3.3 - Gameleira (Fig. 42).

a) Chumbo - Não reflete a mineralização, porém a partir de 1.000 m a jusante dela começa a tomar valores relativamente elevados. Isto é devido a que a partir de 900 m entra na drenagem principal, um pequeno afluente que corta o horizonte mineralizado a uma menor distância, daí os valores assumem teores mais elevados.

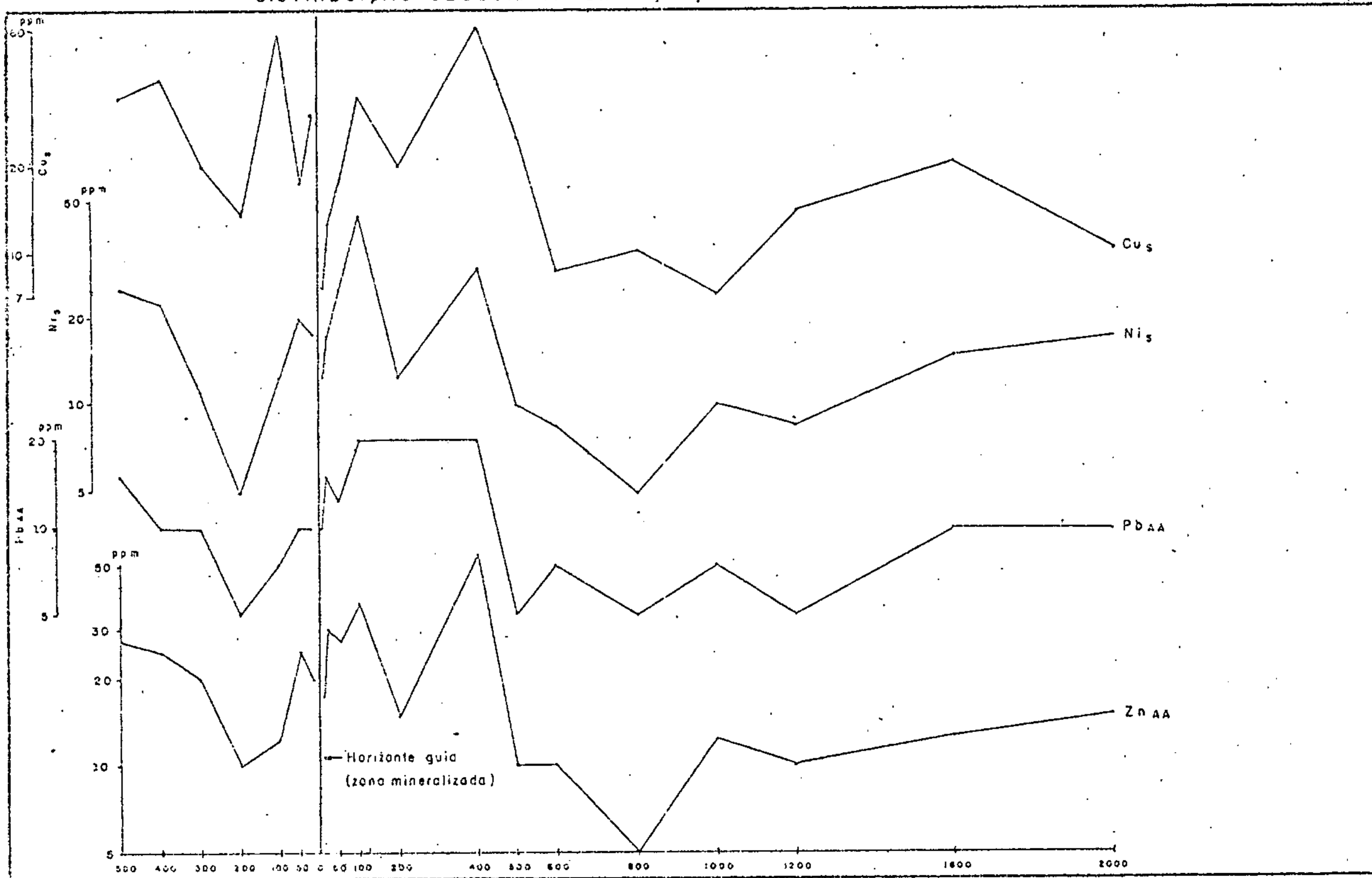
b) Níquel e Cobre - Refletem da mesma maneira que o chumbo a influência do afluente na drenagem principal, porém apresentam valores irregulares para a mineralização. No caso particular do cobre, além de refletir bem a mineralização, ele reflete o hiato entre o fim da influência do horizonte guia e o início da influência da pequena drenagem.

c) Zinco - Retrata muito pouco a mineralização, revelando porém muito bem a convergência do pequeno afluente para o curso principal do rio.

7.5.3.4 - Carrancudo (Fig. 43).

a) Chumbo - Muito embora o valor médio do perfil

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 SERVIÇO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE
 DISTRIBUIÇÃO GEOQUÍMICA DE Pb, Zn, Cu e Ni NO PERFIL DE CORRENTINHO



PROJETO SANTANA SUREG-RE
 SERVIÇO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE
 DISTRIBUIÇÃO GEOQUÍMICA DE Pb, Zn, Cu e Ni NO PERFIL DE GAMELEIRA

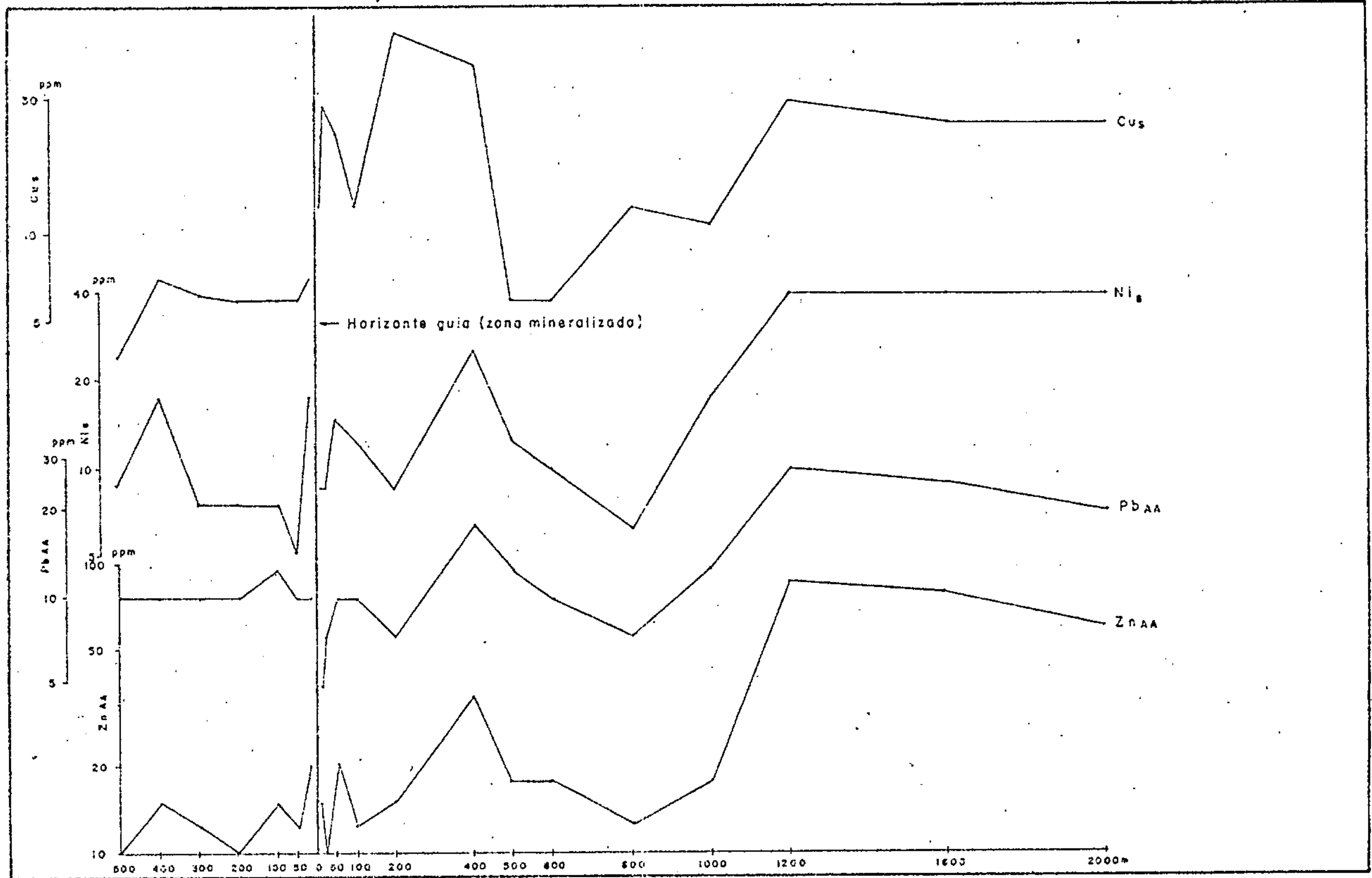


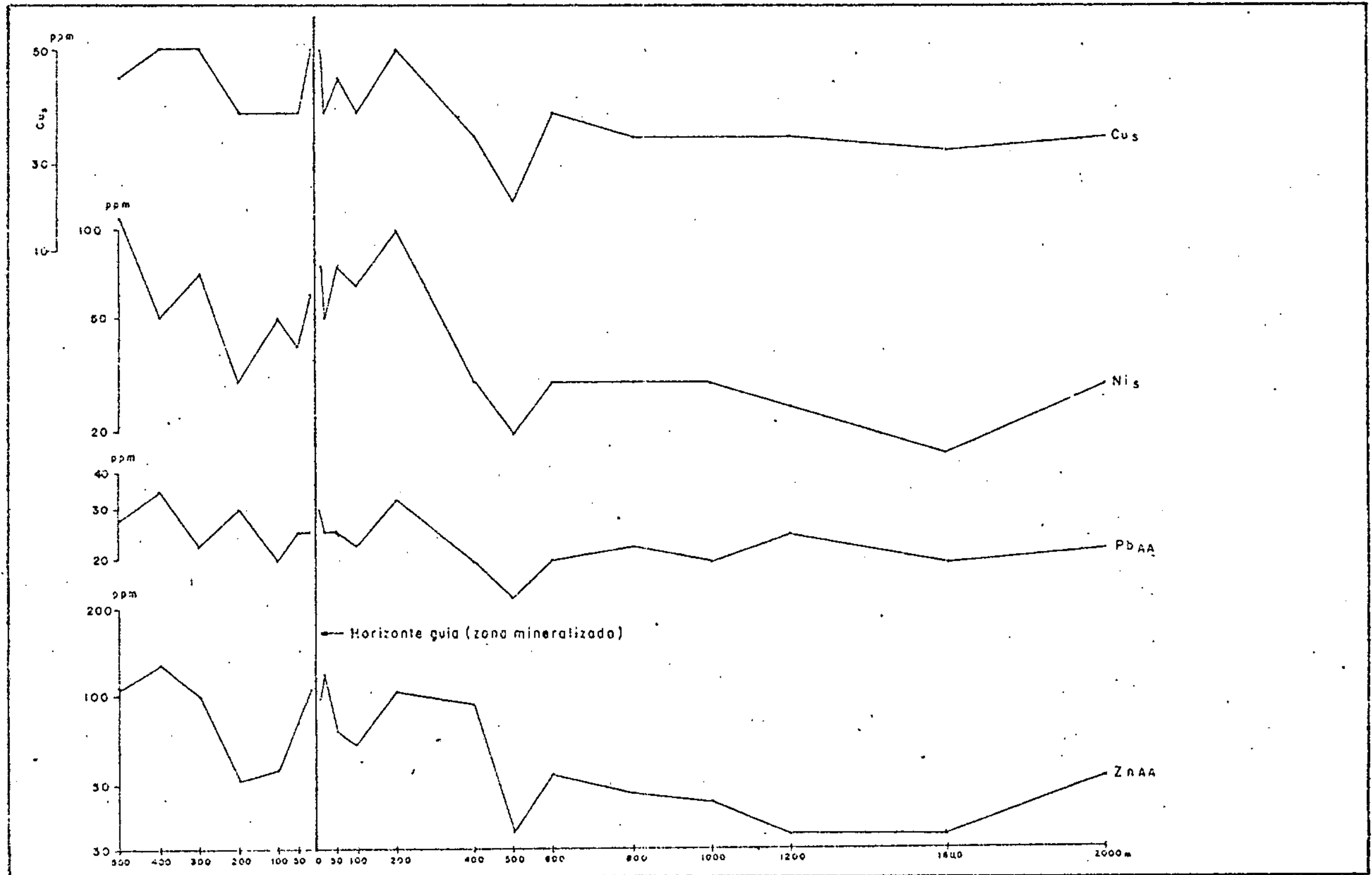
FIG. 42

S - Análise espectrográfica de emissão semi-quantitativa

AA - Análise por absorção atômica



PROJETO SANTANA SUREG-RE
 SERVIÇO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE
 DISTRIBUIÇÃO GEOQUÍMICA DE Pb, Zn, Cu e Ni NO PERFIL DE CARRANCUDO



S - Análise espectrográfica de emissão semi-quantitativa

AA - Análise por absorção atômica

FIG. 43

seja mais elevado que os demais não reflete o horizonte mineralizado. Os valores a jusante e a montante do mesmo são relativamente idênticos.

b) Níquel e Cobre - Refletem bem mais o contraste litológico, rochas carbonatadas/areníticas que mesmo o horizonte guia. Apenas o níquel reflete um pouco mais o horizonte, porém sem grandes destaques.

c) Zinco - Comporta-se semelhante ao níquel, com valores médios relativamente elevados, porém sem grandes contrastes a montante/jusante do horizonte guia.

7.5.3.5 - Pé da Serra (Fig. 44).

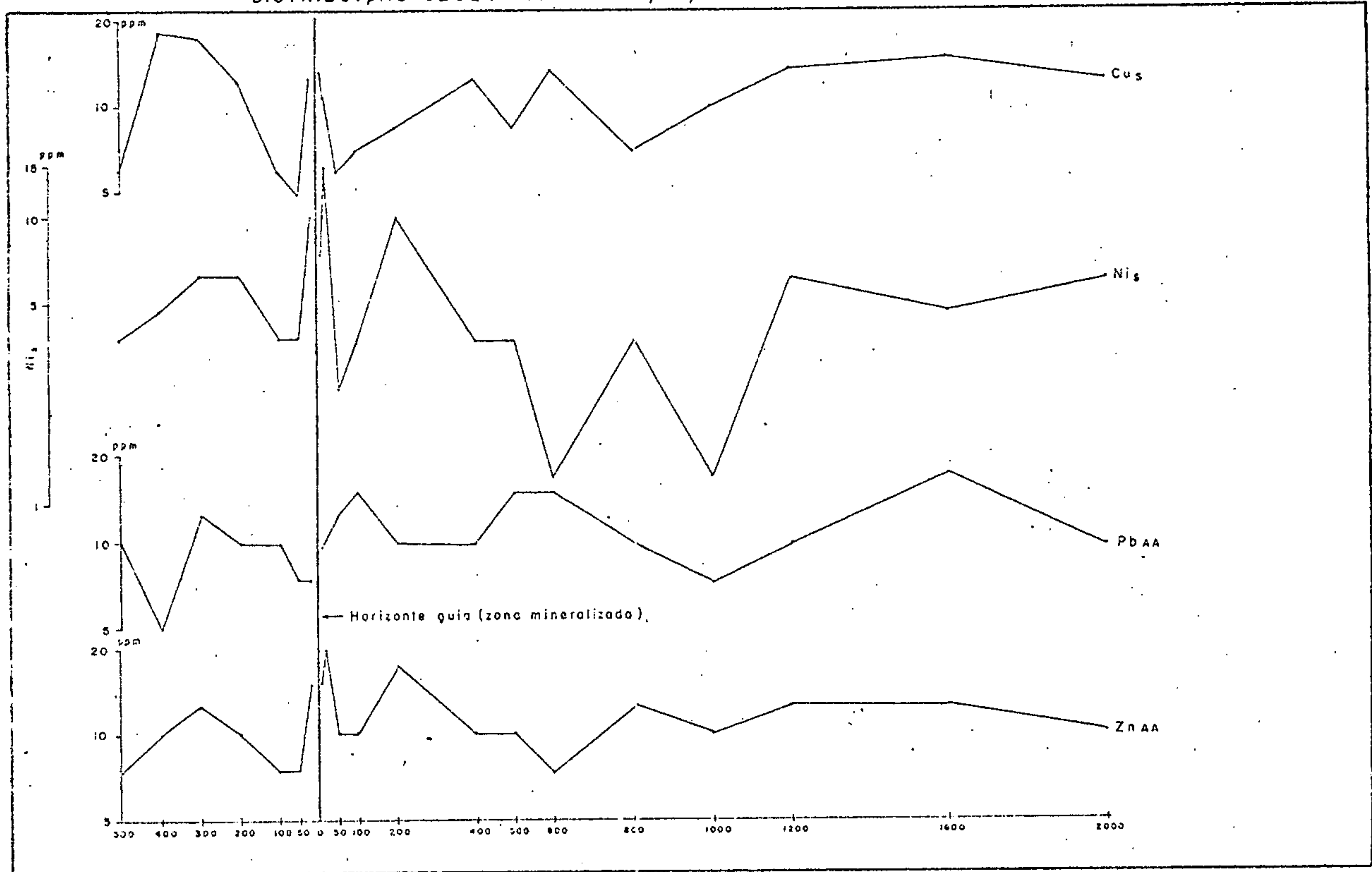
a) Cobre, Níquel, Chumbo e Zinco - Perfil realizado apenas para efeito comparativo demonstra claramente a limitação do alcance do método para prospecção da área.

Com uma área relativamente grande (27 km²) seus teores são bastante baixos, mesmo para valores de "background" em áreas não mineralizadas. Reflete dessa forma que a área de drenagem em região de grandes desníveis é um fator extremamente importante na concentração e dispersão de elementos metálicos em sedimentos de corrente.

7.5.3.6 - Distribuição de Outros Elementos nos Perfis

Bário, Cobalto e Estrôncio - Entre os 100 pontos de coleta de sedimento de corrente, 15 apresentaram amostras com valores acima do limite de detecção do aparelho de espectrografia de emissão para bário, que é de 5.000 ppm. Estes 15 pontos estão localizados nos perfis de Carrancudo (4) e Pé da Serra

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 SERVIÇO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE
 DISTRIBUIÇÃO GEOQUÍMICA DE Pb, Zn, Cu e Ni NO PERFIL DE PÉ DA SERRA



(11). Considerando 5.000 como "threshold", baseado no sumário dos estimadores (Fig. 33), tem-se 15 anomalias reais de bário.

Isto poderá refletir algumas ocorrências de barita junto a Formação Santana. Foi cadastrada uma ocorrência de barita no município de Simões, daí a possibilidade de existirem outras ocorrências na borda leste da chapada, onde estão localizados os dois perfis mencionados. A figura 45 mostra a distribuição do bário nos dois perfis. No perfil de Pé da Serra nota-se claramente sua distribuição anômala, 55% dos valores estão acima do "threshold" regional (limite superior de detecção do aparelho).

A importância destas anomalias está ligada exclusivamente a presença provável de alguma ocorrência de barita sem qualquer relação com prováveis mineralizações de metálicos. Esta observação é baseada na não correlação total do bário com os elementos metálicos (vide gráficos de correlação) e também, este elemento não é característico nas tipologias históricas dos jazimentos estratiformes de metálicos esperados para a área.

O cobalto e o estrôncio não foram considerados com maiores detalhes devido a pequena amplitude de seus valores. Apresentam eles dois (Co e Sr) boa correlação com o Ni e o Ca respectivamente.

Cálcio e Magnésio - A grande variação dos valores de cálcio e magnésio por todos os perfis (Figs. 46, 47, 48, 49 e 50) e suas excelentes correlações com os elementos refletem claramente a não uniformidade dos sedimentos ativos de corrente.

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 SERVIÇO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE
 DISTRIBUIÇÃO DE BÁRIO NOS PERFIS PÉ DA SERRA (1) e CARRANCUDO (2)

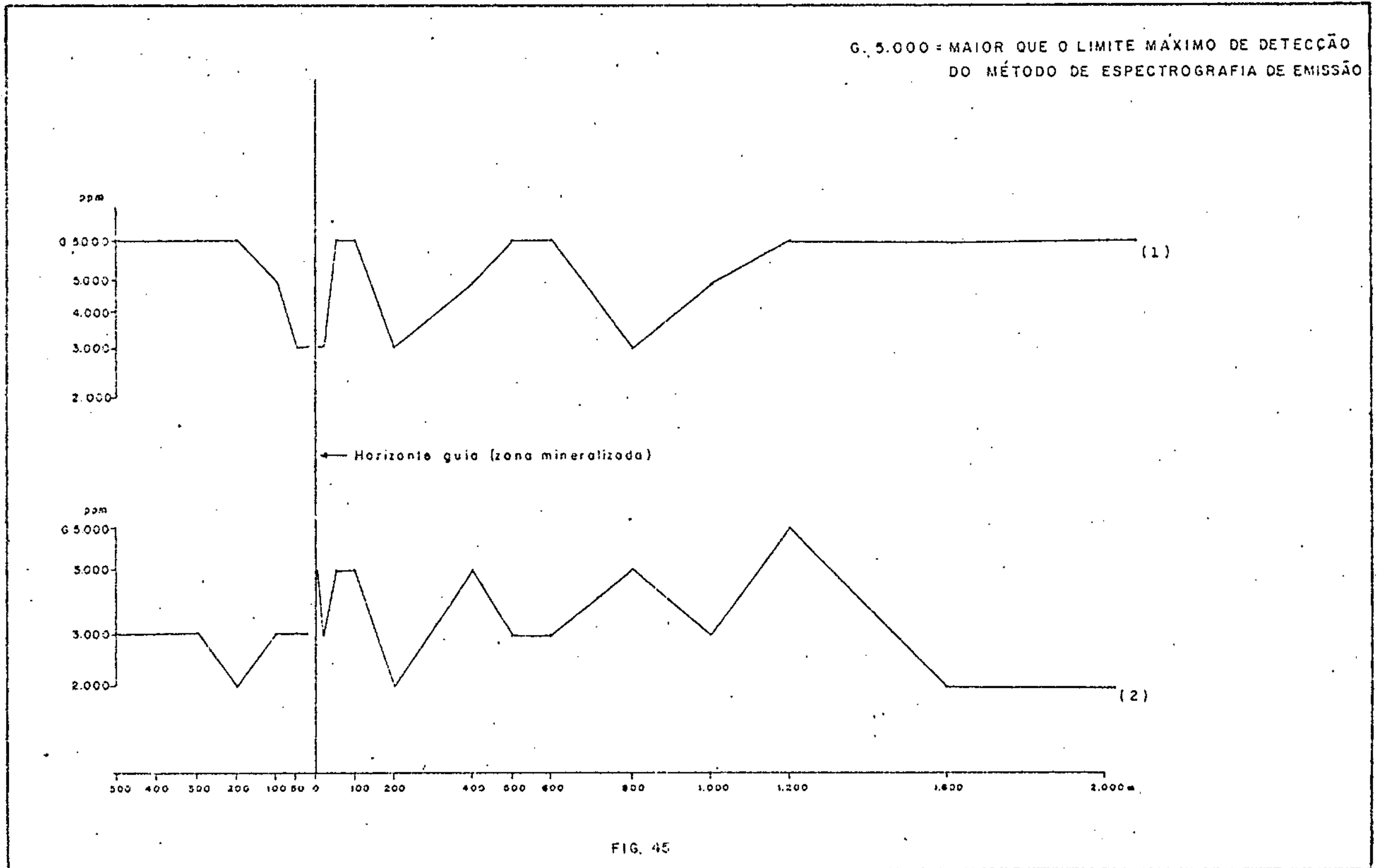


FIG. 45

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 SERVIÇO ORIENTATIVO - SEDIMENTO-DE-CORRENTE
 DISTRIBUIÇÃO GEOQUÍMICA DE Ca e Mg NO PERFIL DE FUNDÃO

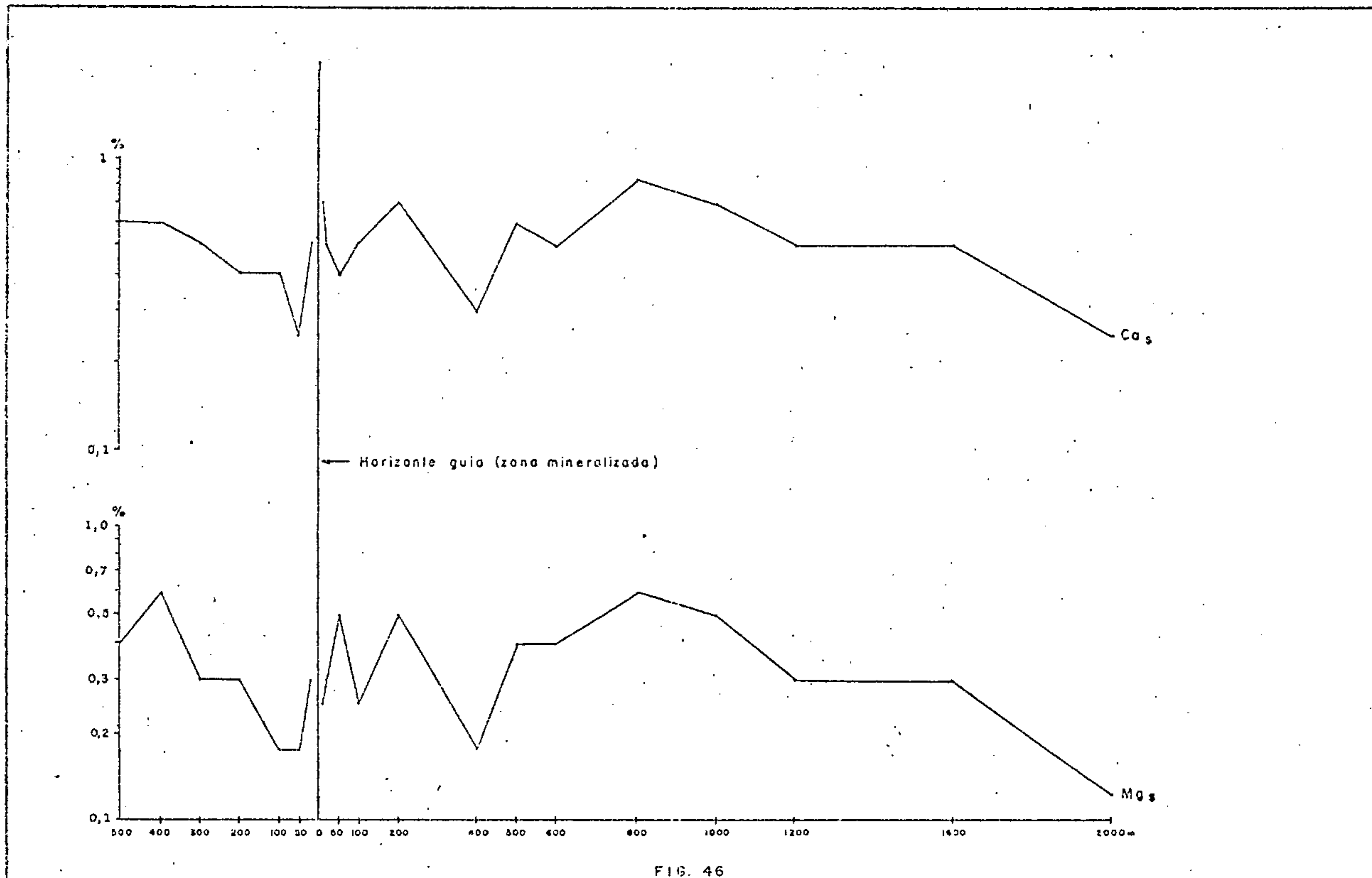


FIG. 46

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 SERVIÇO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE
 DISTRIBUIÇÃO GEOQUÍMICA DE Co e Mg NO PERFIL DE CORRENTINHO

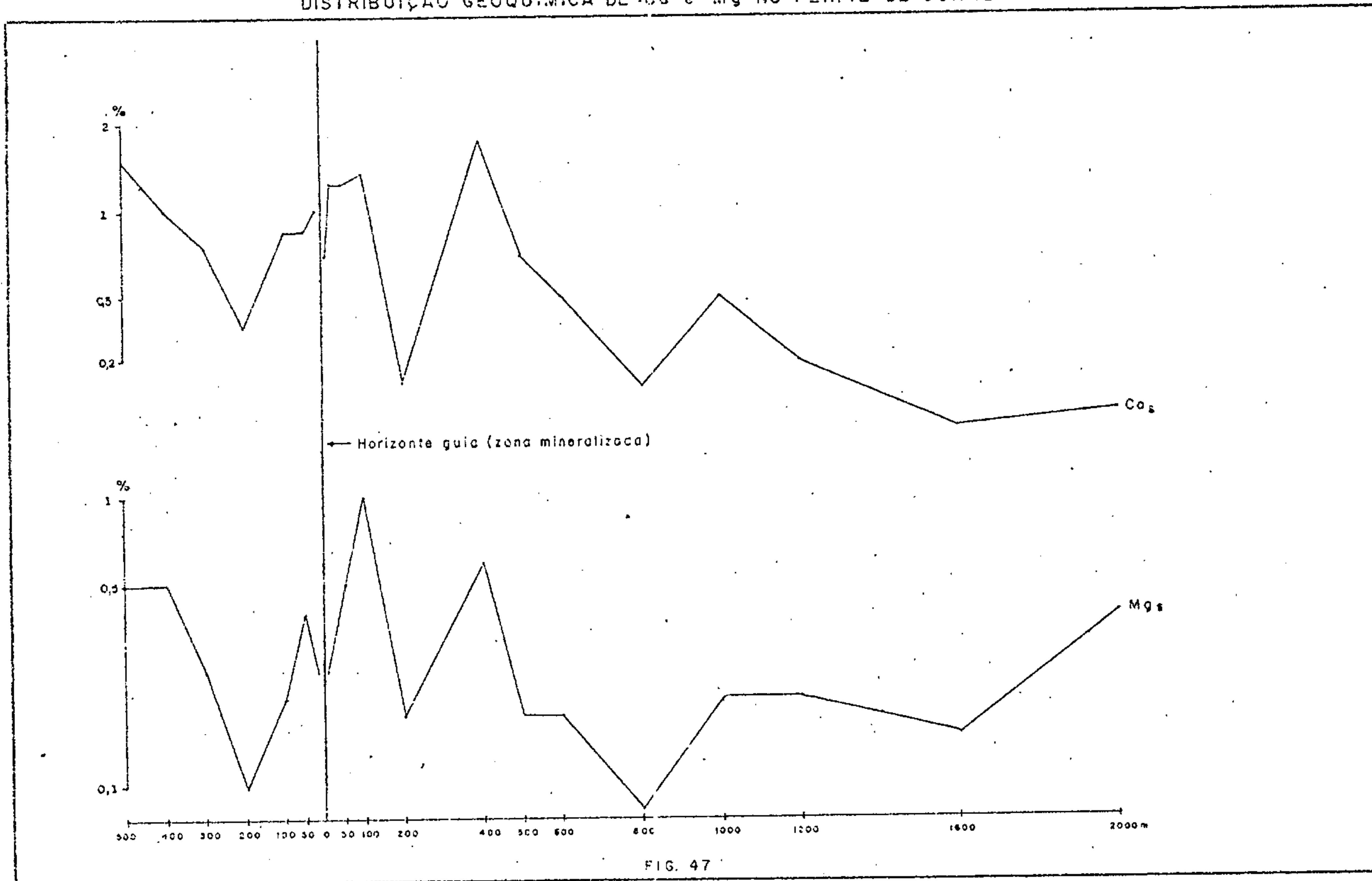


FIG. 47

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 SERVIÇO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE
 DISTRIBUIÇÃO GEOQUÍMICA DE Ca e Mg NO PERFIL DE GAMELEIRA

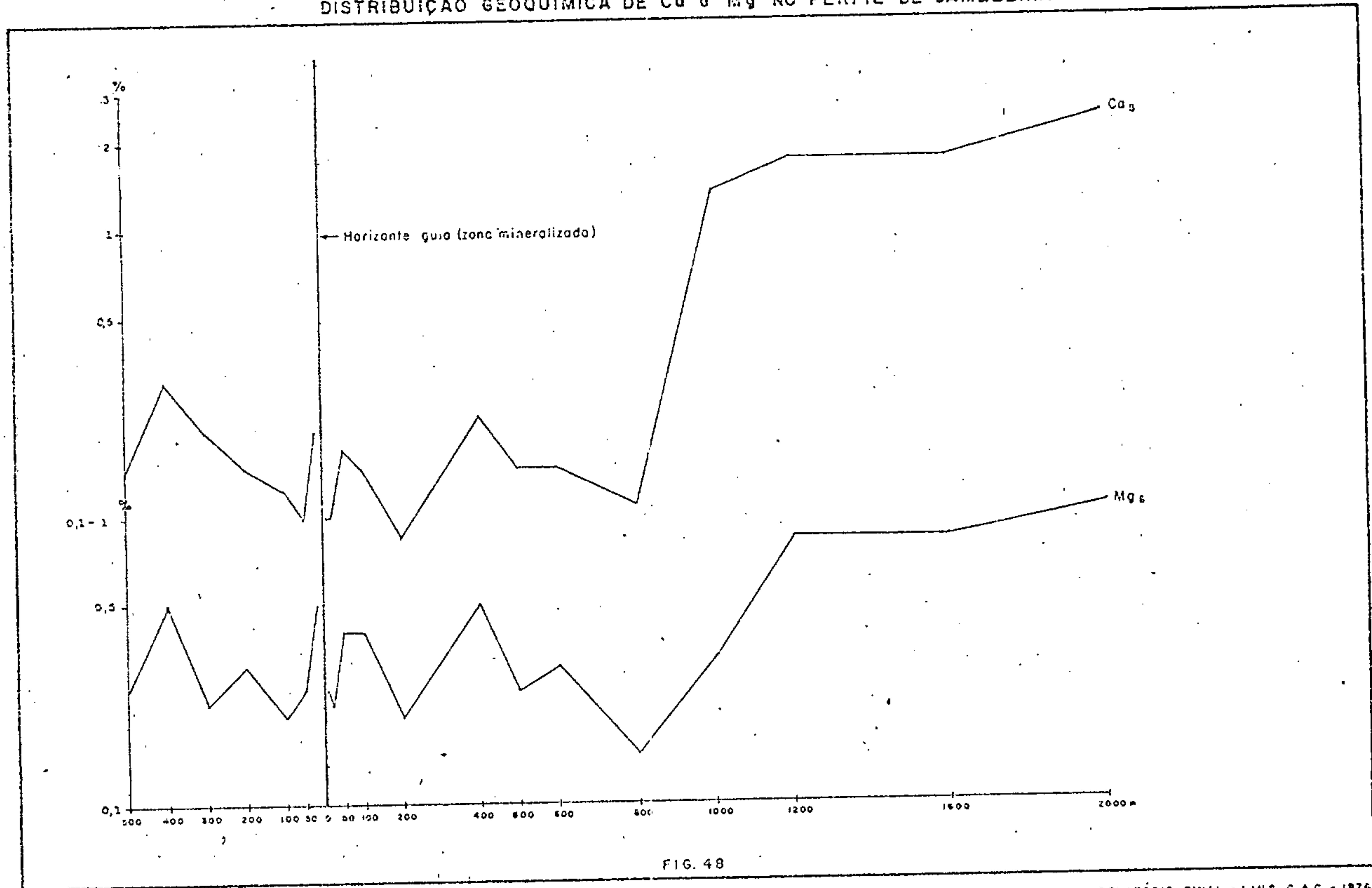
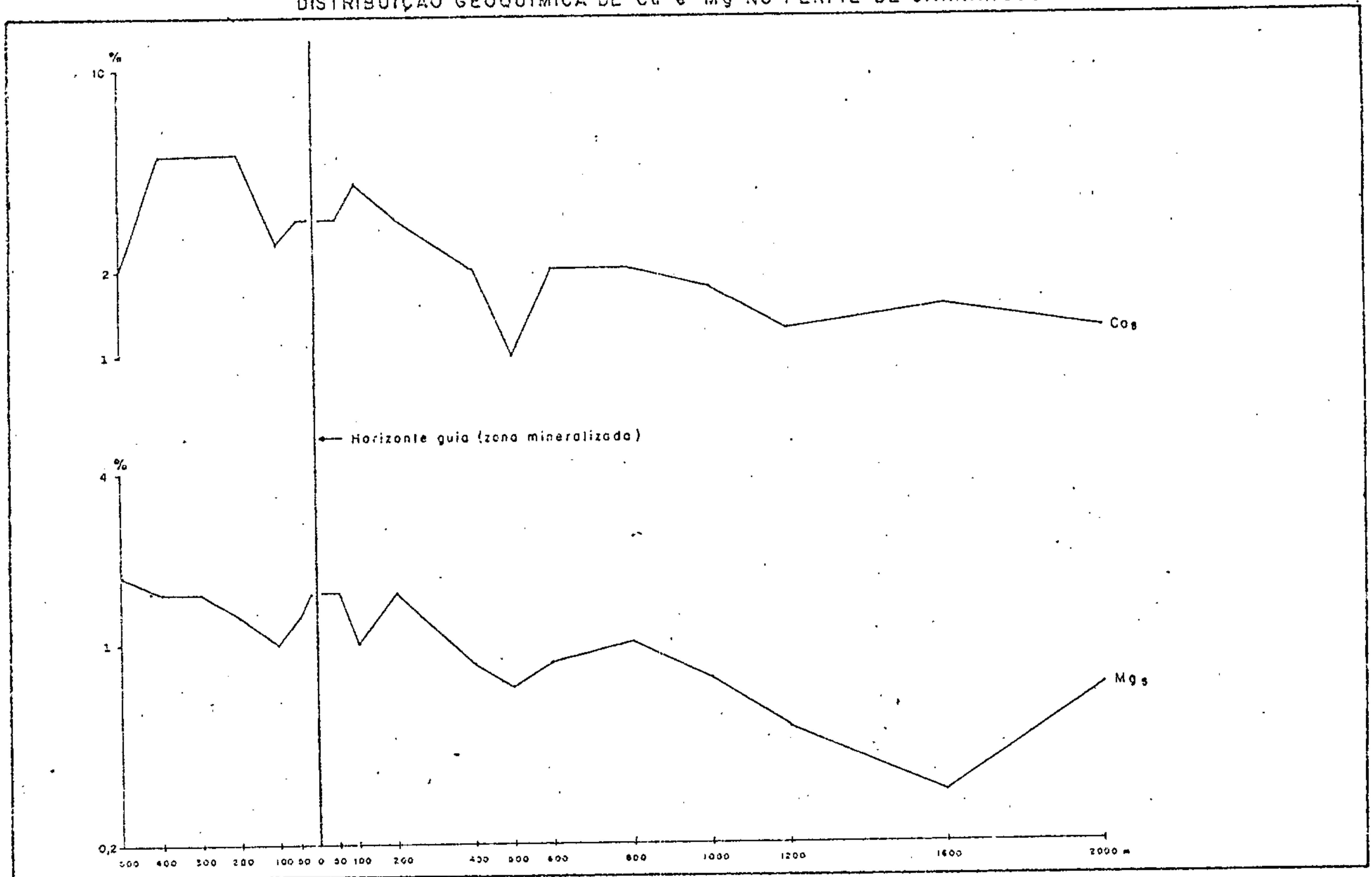


FIG. 48

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 SERVIÇO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE
 DISTRIBUIÇÃO GEOQUÍMICA DE Ca e Mg NO PERFIL DE CARRANCUDO



PROJETO SANTANA SUREG-RE
SERVIÇO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE
DISTRIBUIÇÃO GEOQUÍMICA DE Ca e Mg NO PERFIL DE PÉ DA SERRA

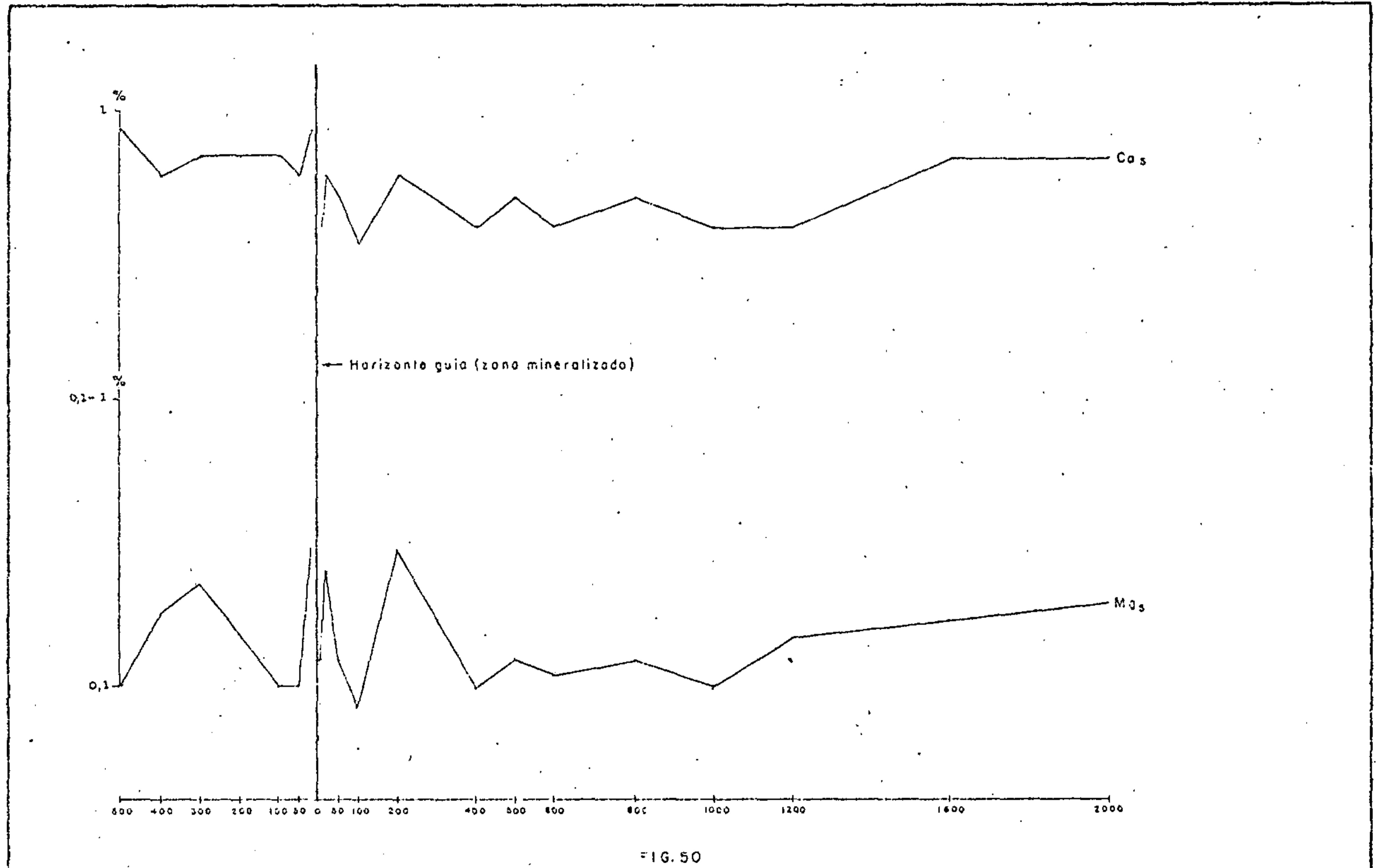


FIG. 50

O entulhamento do leito ativo e das margens por material coluvial e aluvial proveniente principalmente da Formação Exu provoca a diluição do material oriundo da Formação Santana (calcários, margas, etc). Esta diluição se processa de forma heterogênea, devido ao principal tipo de desagregação ser de caráter físico, provocada pelas correntes do rio, associado ao declive abrupto da encosta. A desagregação química é secundária. O cálcio e o magnésio refletem principalmente as unidades litológicas calcíferas da Formação Santana. A sua distribuição errática comprova a não homogeneidade do sedimento de corrente.

Ferro e Manganês - A determinação de ferro e manganês é de grande importância em exploração geoquímica. A capacidade que os hidróxidos de ferro e manganês possuem de adsorver os íons e moléculas de elementos metálicos projetam-se principalmente na coprecipitação e concentração anômala destes elementos, resultando em falsas anomalias, que não indicam mineralizações.

As amostras de sedimento de corrente do projeto, foram analisadas para ferro e manganês tanto por espectrografia de emissão como por absorção atômica (com ataque de HNO_3 a quente); no primeiro caso, é revelado o ferro e o manganês total da amostra, enquanto que no segundo, obtém-se uma melhor visualização dos hidróxidos, devido ao ataque parcial.

O quadro (Fig. 51) mostra duas matrizes de correlação entre o Fe e Mn por espectrografia de emissão (E) como também o Fe e o Mn por absorção atômica (A A) além dos elementos Cu, Ni, Pb e Zn. Uma das matrizes inclui as amostras a jusante do horizonte guia não mineralizado (Pé da Serra) e a outra re

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 GRÁFICO DE CORRELAÇÕES - SERVIÇO ORIENTATIVO - SEDIMENTO DE CORRENTE

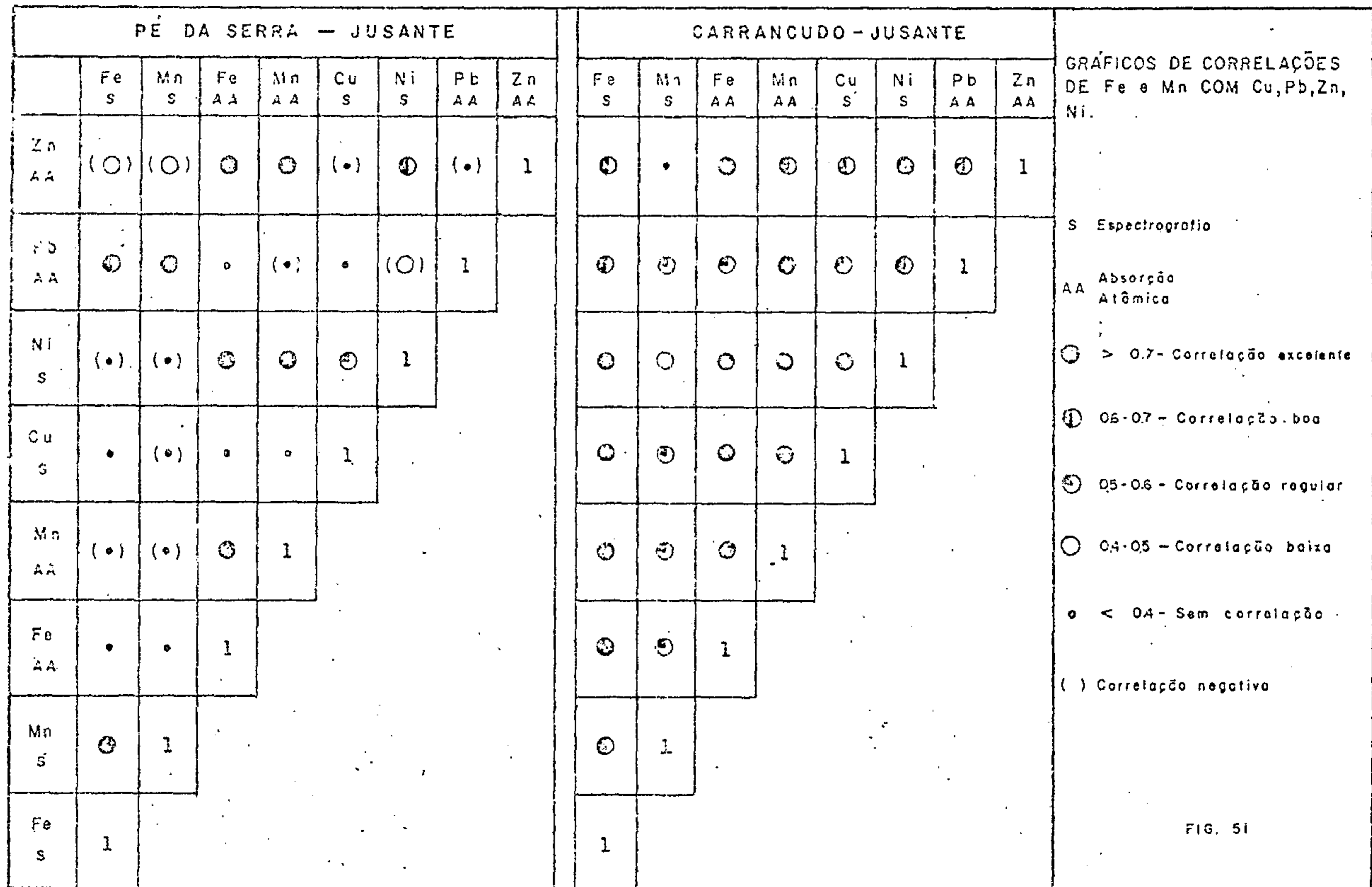


FIG. 51

presenta as amostras a jusante do mesmo horizonte, porém mineralizado (Carrancudo).

Da análise das duas matrizes pode-se emitir as seguintes conclusões:

1) O fenômeno de adsorção no caso do zinco e do níquel é mínimo, pois tanto no mineralizado como no não mineralizado, a correlação é alta o que evidencia a uniformidade na relação Zn/Fe, Ni/Fe, Zn/Mn e Ni/Mn, tanto num perfil mineralizado como no outro, estéril; 2) A diferença existente nas correlações do Fe e Mn (AA) e o chumbo e cobre entre os dois perfis é devido mais aos valores baixos da análise destes dois elementos no perfil de Pé da Serra do que mesmo a algum fenômeno de adsorção. A maior parte dos valores de chumbo foram obtidos com interferência, o que vem confirmar mais ainda esta hipótese. Quanto ao Fe e Mn total, a sua colocação nas duas matrizes tem apenas caráter comparativo, sem nenhuma finalidade conclusiva em relação a adsorção; 3) As condições ambientais, onde o processo de desagregação física supera francamente a decomposição química, não favorecem de algum modo o fenômeno de adsorção, estando este bastante reduzido, sem influências notáveis na concentração dos elementos metálicos nos sedimentos de corrente.

7.5.4 - Considerações Finais - Geoquímica de Sedimento de Corrente.

O caráter orientativo do levantamento geoquímico do sedimento de corrente permitiu uma série de parâmetros conclusivos.

- O relevo acidentado da área é fator determinante

na concentração de elementos metálicos nos sedimentos de corrente, tanto pelo fato de influir no tipo de desagregação (predominantemente físico), como também ser o responsável direto pelo entulhamento dos vales e conseqüente diluição dos elementos metálicos em níveis muito baixos.

- O fator área de drenagem é muito importante na concentração dos metálicos, isto é claro na comparação dos valores dos estimadores da população das áreas pequenas (Carrancudo e Gameleira) com os das áreas maiores (Fundão e Correntinho), porém é bem menor sua influência que o fator relevo.

- O contraste litológico entre a Formação Santana e a formação subjacente dentro da área de drenagem da amostra reflete-se em grande destaque na distribuição dos elementos traços no sedimento de corrente. Este fato dificulta sobremaneira a discernir entre o contraste litológico e a anomalia, principalmente devido o horizonte mineralizado se encontrar no topo da Formação Missão Velha.

- O entulhamento do curso d'água por material coluvial e aluvial provoca uma heterogeneidade muito grande dentro do sedimento e uma distribuição extremamente errática dos elementos traços. Isto compromete sobremaneira a qualidade da amostragem.

- Os elementos Boro, Cromo, Lantânio, Nióbio, Chumbo, Vanádio e Ítrio analisados por espectrografia de emissão apresentaram resultados não confiáveis devido a alta variância introduzida, principalmente a analítica.

- Os elementos metálicos (Cu, Ni, Pb e Zn) mantêm excelentes correlações entre si, o que facilitaria sobremaneira a pesquisa de um deles através da presença do outro utilizado como "pathfinder".

Os parâmetros que foram propostos pelo serviço de orientação para serem determinados podem ser reunidos no seguinte:

- O padrão de dispersão geoquímica predominante é o clástico onde a desagregação mecânica supera aos demais mecanismos de dispersão.

- O intervalo de amostragem ótimo não foi determinado pelo caráter conclusivo da análise do método que foi considerado insuficiente para as finalidades do projeto.

- O tamanho da fração que melhor reflete não apenas as mineralizações como também apresenta melhores contrastes é a menor que 80 mesh, padronizada pelo LAMIN-CPRM.

- Os elementos que apresentaram melhores resultados de contrastes e distribuição nos sedimentos de corrente foram Zn, Cu, Pb (determinados por espectrofotometria de absorção atômica) e Fe, Mg, Ca, Mn, Ba, Co, Ni e Sr (espectrografia de emissão). Os demais não apresentaram bons contrastes, nem tampouco consistência nos resultados (segundo análise de variância) devido a problemas de análise (na maioria das vezes) como também devido ao tipo de dispersão (clástica) que influi mais em alguns elementos que em outros.

- O relevo acidentado é extremamente importante como controle de dispersão dos elementos nos sedimentos de corrente enquanto que a hidrologia, clima, vegetação não constituem fatores determinantes de primeira ordem. Os óxidos de Fe e Mn não influenciam nas concentrações anômalas dos elementos.

- Como o método não foi considerado exequível os valores de "background" e "threshold" não apresentam significado maior.

Os resultados obtidos através deste levantamento não recomendam sua aplicação em nível regional.

A principal finalidade do método é destacar o horizonte mineralizado através de anomalias de bom contraste com o "background", porém a diferença entre as litologias predominantes acima e abaixo do horizonte mineralizado, respectivamente calcários-folhelhos-gipsita-margas e arenitos-siltitos refletem-se nos sedimentos de corrente por uma diferença brusca de teores, mascarando as possíveis anomalias devido ao horizonte mineralizado.

Pelos dados coligidos e interpretados deduz-se que geoquímica de sedimento de corrente só poderá ser aplicada em áreas de relevo acidentado quando se tem um rígido controle da maior parte dos fatores que influenciam na concentração dos elementos no meio amostrado (relevo, litologias, área de drenagem, coluviões).

7.6 - Resultados Obtidos - Geoquímica de Rocha

7.6.1 - Generalidades

Ao se pretender caracterizar o comportamento geoquímico dos elementos ou associações de elementos (paragênese) em um meio mineralizado faz-se mister tomar certas precauções no que tange as inferências, principalmente as de caráter estatístico, como também as ligadas a própria gênese do depósito.

A geoquímica de rochas, sobretudo das sedimentares, são passíveis de influências que afetam a distribuição dos diversos elementos e dificultam sobremaneira uma caracterização geoquímica peculiar a tipologias de jazidas e conseqüentemente a interpretação do meio mineralizado.

Algumas dessas variáveis são enumeradas por Nicolini (op.cit.): 1) A possibilidade de não equivalência do ponto de vista geoquímico entre certos aspectos dos ambientes atuais e antigos, como por exemplo, as modificações ocorridas na água do antigo mar. 2) A grande variedade de tipos de ambientes geoquímicos que predominaram desde épocas passadas até a atual, acarretando dificuldades na determinação do tipo de ambiente responsável pela mineralização, sobre o qual tem-se apenas alguns dados de caráter faciológico. 3) As modificações produzidas em uma dada facies, desde a sua deposição até a última fase evolutiva do sedimento, através dos fenômenos diagenéticos.

As amostras de rocha foram analisadas para 30 elementos Fe, Mg, Co, Ti, Mn, Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, La, Mo, Nb, Ni, Pb, Sb, Sc, Sn, Sr, V, W, Y, Zn e Zr, por espectrografia de emissão; para Cu, Pb, Zn, Ag, por espectrofotometria de absorção atômica e por via úmida de alguns compostos segundo grupos de amostras: gipsita (SO_3 , CaO, Li_2O , H_2O , R_2O_3 , RI); e calcário (MgO , CaO, P_2O_5 , PF, R_2O_3 , RI). Foram ainda determinados em algumas amostras fluor, por eletrodo de íon específico e fósforo por colorimetria. Em algumas amostras cujos valores em chumbo e zinco excederam o limite superior de detecção do aparelho (espectrofotômetro de absorção atômica) foram analisadas por via úmida.

Os resultados obtidos pelo LAMIN são plotados em boletins próprios que juntamente com as fichas de campo de amostras geoquímicas foram inseridos pelo computador no arquivo geral do Projeto Santana para efeito de ulterior processamento.

7.6.2 - Processamento dos dados

O processamento dos dados foi feito pelo SEPRO/CPRM em computador sob a orientação do Projeto Santana e da DIGEOQ/DEPRO. No Arquivo Geral do Projeto Santana, descrito em maiores detalhes no capítulo referente a sedimentos de corrente, constam todos os resultados analíticos e parâmetros descritivos de amostras de rocha e de sedimento ativo de corrente, coletados pelos técnicos do projeto.

Deste Arquivo Geral foram criados, neste caso particular, subarquivos formados exclusivamente por amostras de rochas, segundo critérios litológicos, estruturais, estratigráficos e de controle de mineralização.

A figura 52 apresenta os diversos subarquivos criados, o número de amostras contido em cada um deles, o número de determinações químicas e os programas de tratamento estatístico aplicados.

Na identificação de cada um dos subarquivos foram considerados os seguintes parâmetros: facies, número de amostras e uma descrição geral dos tipos litológicos que compõem o grupo. Para cada litologia específica foi criado um subarquivo e também para cada grupo de litologias semelhantes para fins comparativos.

A base da discriminação na criação dos diversos subarquivos foi a coluna estratigráfica geral da área, segundo as diversas unidades faciológicas das formações alvo. Nove dos subarquivos são determinantes das características geoquímicas das unidades litológicas constantes naquela coluna e os demais são subarquivos de análise conjunta e comparativa.

Para cada um dos subarquivos sempre que possível fo

PROJETO SANTANA SUREG-RE
PROCESSAMENTO DOS DADOS — RELAÇÃO DOS SUBARQUIVOS

Fig. 52

ORDEN	DESCRIÇÃO	NÚMERO DE AMOSTRAS	NÚMERO DE DETERMINAÇÕES QUÍMICAS	SUMÁRIO DAS ESTATÍSTICAS	MATRIZ DE CORRELAÇÃO	LISTAGEM E CONTAGEM
1	Arenitos Facies A	14	34	X	X	X
2	Arenitos Facies B	23	34	X	X	X
3	Arenitos Facies A e B	37	34	X	X	X
4	Calcários Laminados	59	41	X	X	X
5	Calcarenitos e Margas	48	35	X	X	X
6	Folhinhos Detumidosos da base do Gipsito	17	35	X	X	X
7	Marga Detumidosa da zona mineralizada	5	37	X	X	X
8	Conglomerado Calcário mineralizado	9	38	X	X	X
9	Folhinho do topo e da base da zona mineralizada	7	35	X	X	X
10	Folhinho com concreções de Sulfatos	24	34	X	X	X
11	Folhinhos e Siltitos I	122	35	X	X	X
12	Calcários, Calcarenitos e Margas	117	41	X	X	X
13	Folhinhos e Margas detumidosas	24	37	X	X	X
14	Folhinhos e Siltitos II	124	35	X	X	X
15	Conglomerado, Calcário e Marga Detumidosa da zona mineralizada	14	38	X	X	X
16	Folhinhos Detumidosos da base do Gipsito intercalados no calcário	19	35	X	X	X
17	Gipsito	60	41	X	X	X

ram construídas três tabelas: sumário dos estimadores, matriz de correlação e uma tabela comparativa entre os teores médios segundo Hawkes-Webb (1965) e Turekian-Wedepohl (in Rosler & Lange, 1974) e os obtidos pelo Projeto Santana. A tabela comparativa só pode ser feita para os subarquivos cuja litologia se enquadrasse em um dos tipos básicos usados como modelo: Shale, Sandstone, Limestone e Blackshale de Hawkes-Webb (op.cit.) e Shale, Sandstone e Limestone, Turekian-Wedepohl (op.cit.).

Pode-se dividir os subarquivos em principais e comparativos: os primeiros são destinados a caracterizar geoquimicamente as diversas unidades litológicas das diferentes facies da coluna litoestratigráfica geral da área mapeada; os outros servem para comparação com os primeiros e verificar suas limitações e seus alcances do ponto de vista de distribuição. geoquímica dos elementos.

Os principais subarquivos descritos são: Arenitos Facies A; Arenitos Facies B; Calcários Laminados; Calcarenitos e Margas; Folhelhos Betuminosos da Base da Gipsita; Folhelho com Concreções de Ictiólitos; Folhelhos e Siltitos; Conglomerado Calcário e Marga Betuminosa da Zona Mineralizada; e finalmente o subarquivo do Horizonte Gipsífero.

Os subarquivos comparativos são: Arenitos Facies A e B; Calcários, Calcarenitos e Margas; Folhelhos e Margas Betuminosas; Folhelhos e Siltitos II; e Folhelhos Betuminosos da Base da Gipsita e Intercalados no Calcário.

7.6.3 - Descrição e Análise dos Subarquivos

Arenitos Facies A

Este grupo de amostras abrange todas aquelas coleta

das na facies arenosa. É constituído por um arenito amarelado a avermelhado, médio, friável, poroso e permeável, algo imaturo, com quartzo, fragmentos de feldspato caulinizado, muscovita, e seixos argilosos. A análise da distribuição geoquímica dos elementos da figura 53 evidencia que o arenito apresenta teores médios elevados de ferro, molibdênio e bário, comparativamente aos padrões usados.

O molibdênio apresenta alta correlação com o ferro e o manganês (fig. 54) e sua presença pode ser consequência de um enriquecimento do arenito naqueles dois últimos elementos. O bário apresenta-se também com uma média mais elevada que o esperado, mostrando alta correlação com o chumbo que por sua vez tem um comportamento normal; daí concluir que o teor em bário é uma peculiaridade do ambiente de deposição local. Na (fig. 55) tem-se o sumário estatístico do subarquivo.

Arenito Facies B

Este subarquivo congrega as amostras do horizonte arenítico intercalado na facies carbonatada. Geralmente trata-se de um arenito esbranquiçado, fino, friável. Similarmente aos arenitos inferiores, também é rico em ferro e manganês, com destaques anômalos de molibdênio, bário, níquel e vanádio (fig. 56). Todos esses elementos revelam boa correlação entre si (fig. 57), concluindo-se que o enriquecimento dos elementos traços está ligado ao ferro e manganês. A fig. 58 apresenta o sumário estatístico deste subarquivo.

Arenitos Facies A e B

Este subarquivo foi criado para comparação com os

PROJETO SANTANA SUREO-RE

TABELA COMPARATIVA - SUBARQUIVO ARENITOS, FACIES A

ELEMENTOS	TEOR. MÉDIO (HAWKES E WEBB)	TEOR. MÉDIO (TUREKIAN WEDEPOHL)	PROJETO SANTANA		
			MÉDIA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Fe %	3,1	0,98	4,4	0,7	15
Ti %	0,3	0,15	0,7	0,1	1,5
Mn	385	10-100	434	100	7500
B	155	35	38	5	100
Ba	100-500	10-100	1544	500	5000
Cu	1-10	0,3	6,5	2,5	20
Cr	10-100	35	115	70	300
Cu	10-40	1-10	8	2,5	15
La	17	17-30	54	20	150
Mo	0,1-1	0,2	5	2,5	15
Ni	2-10	2	24	15	100
Pb	10-40	7	18	5	90
Sr		20	121	50	300
V	10-60	20	116	50	300
Y		15-40	32	5	100
Zn	5-20	15	16	5	75
Zr		220	667	100	1500

Fig. 53

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 GRÁFICO DE CORRELAÇÕES - LITOGEOQUÍMICA
 ARQUIVO ARENITOS FACIES A

	Zn AA	Pb AA	Cu AA	Zr S	Y S	V S	Sr S	Ni S	Nb S	Mo S	La S	Cr S	Co S	Be S	Ba S	B S	Mn S	Ti S %	Ca S %	Mg S %	Fe S %
Fe S %	•	(•)	•	•	(•)	⊙	(○)	⊙	•	⊙	(•)	•	○	⊙	•	(•)	○	⊙	•	○	1
Mg S %	⊙	•	○	(○)	•	•	(•)	⊙	(⊙)	•	•	•	⊙	○	•	(○)	•	•	○	1	
Ca S %	•	(•)	•	—	(•)	•	•	•	•	⊙	•	⊙	(•)	○	(○)	•	⊙	(•)	1		
Ti S %	(•)	(○)	•	⊙	(•)	•	(⊙)	•	○	—	•	(•)	(•)	—	(•)	•	•	1			
Mn S	•	(•)	(•)	(•)	•	⊙	•	•	•	⊙	•	•	•	•	(•)	(•)	1				
B S	(○)	(•)	(•)	⊙	(•)	•	•	(⊙)	○	(•)	(•)	•	(○)	(○)	(•)	1					
Ba S	○	○	(•)	(⊙)	(•)	•	(•)	•	(⊙)	•	(○)	(•)	⊙	⊙	1						
Be S	⊙	⊙	•	—	(•)	•	—	○	⊙	—	•	•	⊙	1							
Co S	⊙	⊙	•	(•)	•	•	(•)	⊙	(•)	•	•	(•)	1								
Cr S	•	(•)	(•)	(•)	(○)	•	•	•	•	⊙	(•)	1									
La S	•	(○)	⊙	(•)	⊙	(•)	⊙	(•)	(•)	(○)	1										
Mo S	•	•	(○)	—	(•)	⊙	—	—	•	1											
Nb S	(•)	(•)	(•)	—	(•)	•	•	(•)	1												
Ni S	⊙	•	⊙	(•)	(•)	⊙	(•)	1													
Sr S	•	•	•	(⊙)	⊙	(•)	1														
V S	•	•	•	•	(•)	1															
Y S	•	•	•	•	1																
Zr S	(○)	(○)	•	1																	
Cu AA	•	(•)	1																		
Pb AA	⊙	1																			
Zn AA	1																				

⊙ > 0.7 - Correlação excelente
 ⊙ 0.6-0.7 - Correlação boa
 ⊙ 0.5-0.6 - Correlação regular
 ○ 0.4-0.5 - Correlação baixa
 • < 0.4 - Sem correlação
 () Correlação negativa

FIG. 54

PROJETO SANTANA SUREG-RE

SUMÁRIO ESTATÍSTICO - ARENITO FACIES A

ELEMENTO	GM ppm	GD	CV	N= 14 G. DET.	TEOR MÍNIMO ppm	TEOR MÁXIMO ppm	95% NIV. SUP. ppm	
Fe - S %	4,39	2,36	1,05	14	0,7	15	24,5	
Mg - S %	0,51	2,63	1,24	14	0,1	2	3,5	GM = Média Geométrica
Ca - S %	0,38	6,30	5,35	12	0,03	20	15	GD = Desvio Geométrico
Ti - S %	0,69	2,22	0,94	11	0,1	1,5	3,4	CV = Coeficiente de variação
Mn - S	434	2,99	1,52	13	100	7500	3886	N = Número de amostras
Al - S	38	2,20	0,93	13	5	100	184	GDET: Grau de detecção
Pb - S	1544	2,09	0,85	14	500	5000	6738	NIV SUP: Nível superior de significância
Co - S	6,54	1,61	0,50	13	2,5	20	17	S = Espectrografia de emissão
Cr - S	115	1,69	0,57	14	70	300	328	AA = Absorção Atômica
Zn - S	14	1,84	0,67	14	5	30	49	
Mo - S	54	1,75	0,61	14	20	150	165	
Ni - S	4,85	1,92	0,73	6	2,5	15	18	
Mn - S	24	1,69	0,56	12	15	100	69	
Pb - S	43	2,21	0,94	14	20	300	213	
Cr - S	121	1,80	0,64	8	50	300	391	
Zn - S	116	1,85	0,68	14	50	300	397	
Pb - S	32	2,13	0,88	13	5	100	147	
Cu - AA	8	1,73	0,59	13	2,5	15	23	Obs: Os valores são expressos em ppm, exceto aqueles indicados em porcentagem (%).
Pb - AA	16	2,20	0,93	13	5	90	83	
Zn - AA	16	1,99	0,79	14	5	75	64	Fig. 55

PROJETO SANTANA SUREG-RE

TABELA COMPARATIVA - SUBARQUIVO ARENITOS FACIES B

ELEMENTOS	TEOR MÉDIO (HAWKES E WEBB)	TEOR MÉDIO (TURKIAN-WEDEPORL)	PROJETO SANTANA		
			MÉDIA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Fe %	3,1	0,98	55	1	20
Ti %	0,3	0,15	0,6	0,2	1,5
Mn	385	10-100	830	100	7500
B	155	35	45	10	200
Si	100-500	10-100	1771	200	7500
Co	1-10	0,3	7	5	50
Cr	10-100	35	82	20	200
Cu	10-40	1-10	25	2,5	150
Li	17	17-30	42	20	200
Mo	0,1-1	0,2	6,2	2,5	20
Ni	2-10	2	31	2,5	150
Pb	10-40	7	17	2,5	180
Sc		1	12	5	30
Sr		20	141	50	300
V	10-60	20	73	20	300
Y		25-40	47	10	300
Zn	5-20	15	22	2,5	210
Zr		220	673	50	1500

Fig. 56

PROJETO SANTANA SUREG-RE
GRÁFICO DE CORRELAÇÕES-LITOGEOQUIMICA
ARQUIVO ARENITOS-FACIES B

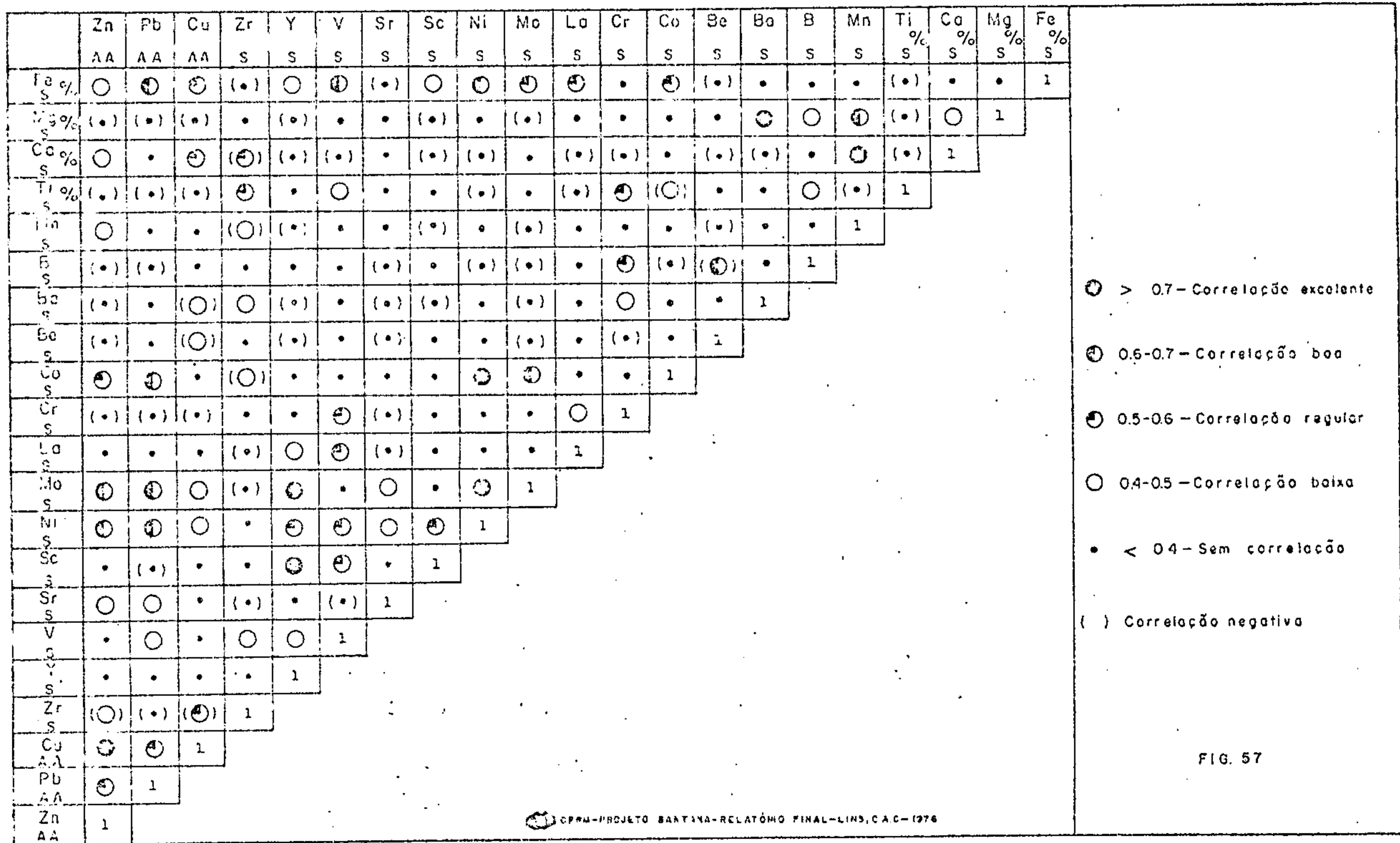


FIG. 57

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 SUMÁRIO ESTATÍSTICO - ARENITO FACIES B

ELEMENTO	GM ppm	GD.	CV	N: 23 G DET.	TEOR MÍNIMO ppm	TEOR MÁXIMO ppm	95% NIV SUP ppm	
Fe - S %	5,50	1,92	0,73	23	1,0	20	20,3	GM - Média Geométrica GD - Desvio Geométrico CV - Coeficiente de variação N - Número de amostras GDET - Grau de detecção NIVSUP - Nível superior de significância S - Espectrografia de emissão A.A. - Absorção Atômica Obs.: Os valores são expressos em ppm, exceto aqueles assinalados em porcentagem (%). Fig. 58
Mg - S %	1,30	2,20	0,93	23	0,15	3	6,3	
Ca - S %	2,13	5,55	4,23	22	0,03	20	67,4	
Ti - S %	0,57	1,93	0,74	18	0,15	1,5	2,1	
Mn - S	329	2,55	1,2	22	100	7500	5449	
S - S	45	2,34	1,03	23	10	200	247	
Ba - S	1711	2,51	1,15	22	200	7500	10764	
Ce - S	11	2,03	0,81	22	5	50	44	
Cr - S	82	1,68	0,55	23	20	200	230	
Cu - S	15	2,6	1,2	22	2,5	150	96	
Zn - S	42	1,75	0,61	23	20	200	128	
Mo - S	6,18	2,44	1,10	7	2,5	20	37	
Kr - S	31	2,59	1,22	21	2,5	150	211	
Pb - S	40	2,53	1,17	23	10	500	258	
Sc - S	12	1,59	0,49	18	5	30	29	
Sr - S	141	1,6	0,47	20	50	300	342	
V - S	73	1,69	0,56	23	20	300	209	
Y - S	47	2,14	0,88	23	10	300	213	
Cd - A.A.	11	2,4	1,1	22	2,5	90	61	
Pb - A.A.	17	2,92	1,47	18	2,5	180	144	
Zn - A.A.	22	2,63	1,24	22	2,5	210	151	

dois subarquivos anteriormente descritos. Na análise da tabela comparativa (fig. 59), gráfico de correlação (fig. 60) e sumário estatístico (fig. 61), conclui-se que este subarquivo reflete claramente as características similares dos anteriores.

Calcários Laminados

Nesta classe de amostras que compõem um subarquivo incluem-se calcários cremes, laminados, muito duro, às vezes fossilífero com pequenos peixes, ostracodes e pólenes, pertencentes a facies carbonatada.

Não foi identificada dentro dos horizontes de calcário laminado nenhuma ocorrência visível de mineralização.

Na tabela comparativa da figura 62 observa-se um desvio de acréscimo do teor médio esperado dos elementos Fe, Mn, Ag, Ba, Co, Cr, Cu, Mo, Pb e Zn, sendo os principais destaques para Ag, Mo, Pb e Zn. Os demais refletem a ambiência típica de deposição, já que os padrões utilizados são de caráter muito geral. Segundo o gráfico de correlação (fig. 63) a prata e o chumbo apresentam excelente correlação entre si e com os sesquióxidos (R_2O_3) enquanto que o zinco não apresenta boa correlação com nenhum elemento. Os pontos anômalos de zinco são isolados das demais anomalias e alcançam valores de 2.000 a 3.000 ppm. Estes índices elevados, destoando dos teores médios clássicos é devido a características particulares do calcário tais como, presença de matéria orgânica e presença de óxidos de ferro e manganês.

Não há qualquer evidência, do ponto de vista de mineralização, que justifique existência de algum controle litológico, para explicar os teores médios altos de Ag, Pb, Zn e Mo, nos calcários laminados. Estes indícios são característi

PROJETO SANTANA SUREG-RE

TABELA COMPARATIVA - SUBARQUIVO ARENITOS FACIES A e B

ELEMENTOS	TEOR MÉDIO (HAWKES E WEDS)	TEOR MÉDIO (TUREKIAN-WEDERPOHL)	PROJETO SANTANA		
			MÉDIA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Fe %	3,1	0,98	5,1	0,7	20
Ti %	0,3	0,35	0,6	0,1	1,5
Mn	385	10-100	649	100	7500
B	155	35	42	5	200
Ba	100-500	10-100	1646	200	7500
Co	1-10	0,3	8,9	2,5	50
Cr	10-100	35	93	20	300
Cu	10-40	1-10	9,5	2,5	90
La	17	17-30	46	20	200
Mo	0,1-1	0,2	5,5	2,5	20
Ni	2-10	2	29	2,5	150
Pb	10-40	7	17	2,5	180
Sc		1	12	5	30
Sr		20	135	50	300
V	10-60	20	87	20	200
Y		15-40	41	5	300
Zn	5-20	15	19	2,5	210
Zr		220	671	50	1500

Fig. 59

PROJETO SANTANA SUREG-RE
GRÁFICO DE CORRELAÇÕES - LITOGEOQUÍMICA
ARQUIVO ARENITOS FACIES A e B.

	Zn AA	Pb AA	Cu AA	Zr S	Y S	V S	Sr S	Sc S	Ni S	Mo S	La S	Cr S	Co S	Be S	Ba S	B S	Mn S	Ti S %	Ca S %	Mg S %	Fe S %	
Fe S %	•	•	○	•	•	⊕	(•)	⊕	⊕	⊕	•	•	○	•	•	•	•	•	•	•	•	1
Mg S %	•	•	•	•	(•)	(•)	•	(•)	•	•	(•)	•	○	•	⊕	•	⊕	(•)	⊕	1		
Co S %	•	(•)	○	(•)	(•)	(•)	•	(•)	•	⊕	(•)	•	•	(•)	(•)	•	⊕	(•)	1			
Ti S %	(•)	(•)	(•)	○	•	○	(•)	•	(•)	(•)	•	•	(•)	•	(•)	•	(•)	1				
Mn S	•	(•)	•	(•)	•	•	•	(•)	•	⊕	•	•	•	(•)	•	•	1					
B S	(•)	(•)	•	•	(•)	•	(•)	•	(•)	(•)	•	○	(•)	(⊕)	•	1						
Ba S	•	•	(○)	•	(•)	•	(•)	(•)	•	•	(•)	•	•	•	1							
Be S	•	•	(•)	•	(•)	•	(•)	•	•	(•)	•	•	•	1								
Co S	⊕	⊕	•	(•)	•	•	•	•	⊕	⊕	•	(•)	1									
Cr S	(•)	(•)	(•)	(•)	•	○	(•)	•	•	•	•	1										
La S	•	•	•	(•)	○	•	•	•	•	(•)	1											
Mo S	⊕	⊕	•	(•)	•	•	•	(•)	⊕	1												
Ni S	⊕	⊕	○	•	•	•	•	⊕	1													
Sc S	•	(•)	•	•	⊕	⊕	(•)	1														
Sr S	•	•	•	(•)	•	(•)	1															
V S	(•)	•	(•)	•	•	1																
Y S	•	•	•	•	1																	
Zr S	(•)	(•)	(•)	1																		
Cu AA	⊕	•	1																			
Pb AA	⊕	1																				
Zn AA	1																					

- ⊕ > 0.7 - Correlação excelente
- ⊕ 0.6-0.7 - Correlação boa
- ⊕ 0.5-0.6 - Correlação regular
- 0.4-0.5 - Correlação baixa
- < 0.4 - Sem correlação
- () Correlação negativa

FIG. 60

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 SUMÁRIO ESTATÍSTICO - ARENITO FACIES A e B

ELEMENTO	GM ppm	GI	CV	Nº 37 G DET.	TEOR MÍNIMO ppm	TEOR MÁXIMO ppm	95% NIV. SUP. ppm	
Fe - S %	5,05	2,09	0,85	37	0,70	20	22,0	
Mg - S %	0,91	2,62	1,24	37	0,10	3,00	6,3	GM = Média Geométrica
Ca - S %	1,13	6,96	6,48	34	0,03	20	54,5	GD = Desvio Geométrico
Ti - S %	0,61	2,03	0,81	29	0,10	1,50	2,5	CV = Coeficiente de variação
Mn - S	649	2,82	1,39	35	100	7500	5168	N = Número de amostras
P - S	42	2,27	0,98	36	5	200	218	GOET = Grau de detecção
Mo - S	1646	2,33	1,02	36	200	7500	8028	NIV. SUP = nível superior de significância
Cu - S	8,86	1,95	0,75	35	2,5	50	34	S = Espectrográfico de emissão
Cr - S	93	1,71	0,58	37	20	300	273	AA = Absorção Atômica
Co - S	14	2,28	0,93	36	2,5	150	75	
Li - S	46	1,76	0,61	37	20	200	143	
Mo - C	5,53	2,19	0,52	13	2,5	20	26	
Ni - S	23	2,29	0,99	33	2,5	150	150	
Pb - S	41	2,39	1,06	37	10	500	236	
Sc - S	12	1,57	0,48	26	5	30	29	
Sr - S	134	1,63	0,52	28	50	300	357	
V - S	37	1,82	0,65	37	20	300	287	
Y - S	40	2,16	0,9	36	5	300	189	Obs: Os valores são expressos em ppm, exceto aqueles usualizados em porcentagem (%).
Cu - A.A.	9,5	2,16	0,9	35	2,5	90	44	
Pb - A.A.	17	2,59	1,22	31	2,5	180	117	
Zn - A.A.	19	2,39	1,07	36	2,5	210	112	Fig. 61

PROJETO SANTANA SUREG-RE
SUMÁRIO ESTATÍSTICO - CALCÁRIOS LAMINADOS

ELEMENTO	GM ppm	GD	CV	Nº 69 G DET.	TEOR MÍNIMO ppm	TEOR MÁXIMO ppm	95% NIV. SUP. ppm	
a - S %	2,49	2,79	1,37	69	0,20	20	19,5	GM = Média Geométrica GD = Desvio Geométrico CV = Coeficiente de variação N = Número de amostras G.DET = Grau de detecção NIV SUP = Nível Superior de significância S = Espectrografia de emissão A.A = Absorção Atômica Obs: Os valores não expressos em ppm exceto aqueles assinalados em porcentagem (%).
b - S %	0,99	1,96	0,76	69	0,20	10	4,0	
c - S %	29,03	1,20	0,19	3	7,0	30	42,2	
d - S %	0,05	3,14	1,64	67	0,002	0,7	0,5	
e - S	5028	2,02	0,80	32	100	7500	20516	
f - S	14	3,07	1,59	34	5	200	137	
g - S	472	5,12	3,65	60	20	7500	12270	
h - S	11	2,72	1,31	60	2,5	700	80	
i - S	25	2,46	1,12	57	5	200	155	
j - S	45	2,82	1,39	69	5	700	359	
k - S	25	1,87	0,68	47	10	150	87	
l - S	15	3,07	1,58	56	2,5	300	144	
m - S	16	2,31	1,01	66	2,5	150	86	
n - S	91	3,15	1,65	69	10	1000	900	
o - S	5,17	1,94	0,74	17	2,5	20	19	
p - S	414	2,39	1,07	67	100	3000	2379	
q - S	69	2,30	1,00	69	10	1500	369	
r - S	12	2,09	0,85	50	5	150	52	
s - A.A.	45	2,37	1,05	69	10	410	255	
t - A.A.	70	2,27	0,98	57	10	380	365	
u - A.A.	150	3,54	1,98	67	10	1500	1881	
v - S	235	2,55	1,19	54	25	3200	2185	

Fig. 62

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 GRÁFICO DE CORRELAÇÕES - LITOGEOQUÍMICA
 ARQUIVO CALCÁRIOS LAMINADOS

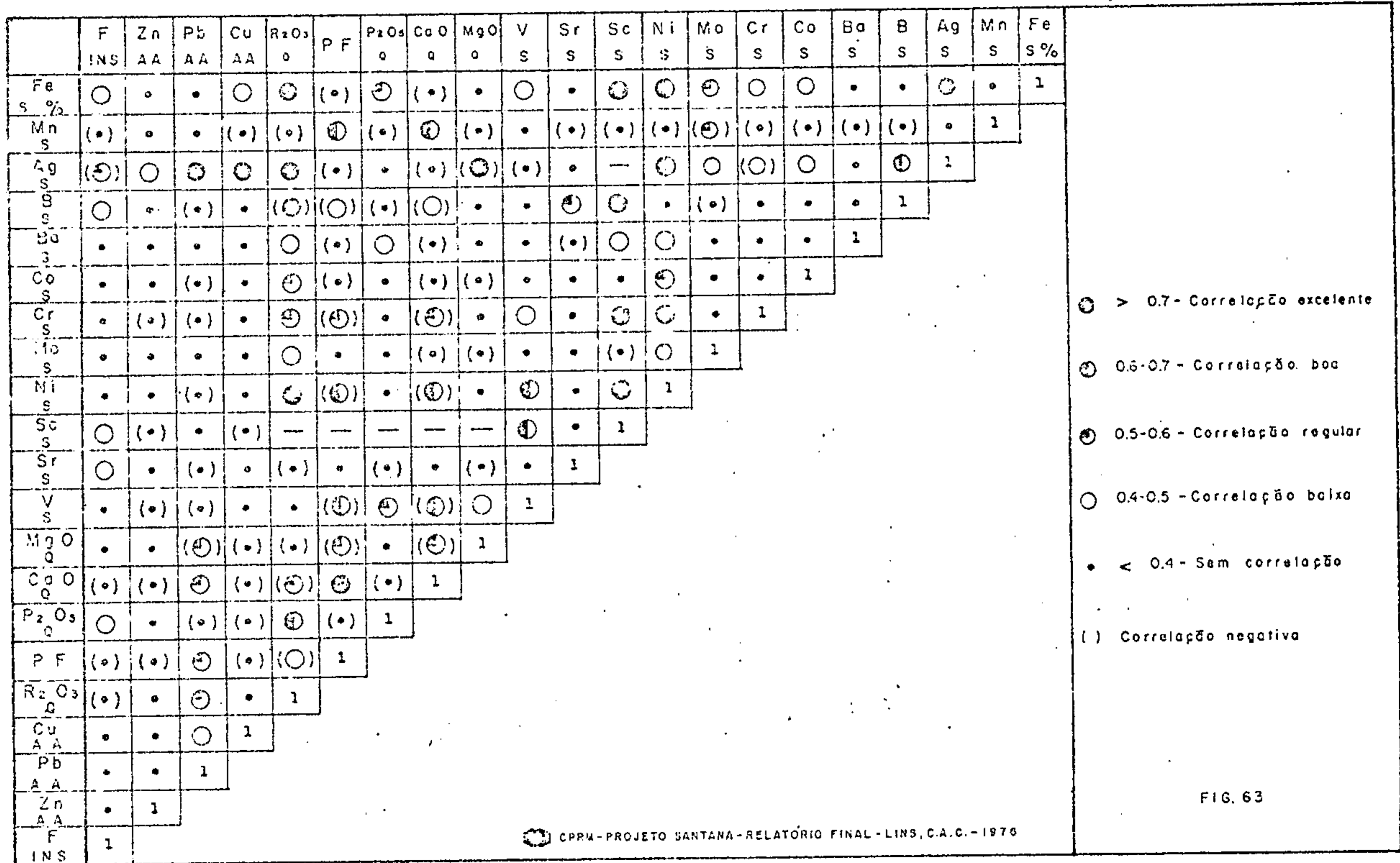


FIG. 63

cos do próprio ambiente de sedimentação e de sua consequente diagênese. O sumário estatístico (fig. 64) resume toda a distribuição dos elementos.

Calcarenitos e Margas

Agrupam-se neste subarquivo às amostras de rochas calciclásticas da facies carbonatada: calcarenito creme, friável, estratificação fina; e marga creme, algo fossilífera, com moluscos, ostracodes e pólenes.

Não foi construída tabela comparativa para este grupo de amostras, devido ele não se enquadrar especificamente naqueles tipos litológicos gerais utilizados como padrão por Hawkes-Webb (op.cit.) e Turekian-Wedepohl (op.cit.).

Numa observação do sumário estatístico (fig. 65) e comparando-se com os valores padrão para calcários, arenitos e folhelhos, destacam-se o Ba, Co, Cr, Cu, Mo, Zn e Pb, além do Fe e Mn que é uma constante em todos os subarquivos da sequência. No gráfico de probabilidades nota-se as correlações Fe/Co/Cr e Zn/Pb comuns em qualquer tipo litológico (fig. 66).

Folhelhos Betuminosos da Base da Gipsita

Folhelho negro, betuminoso, laminado, fossilífero, com ostracodes e pólenes, pertencendo a facies carbonatada. Seu conteúdo em elementos traços e mesmo em elementos maiores é perfeitamente normal segundo os padrões utilizados (fig. 67). Do gráfico de correlação (fig. 68) pode-se utilizar como padrão para os "black shales" em geral a associação Pb/Zn, excelente e a inter-relação Fe/Ni/Cr/Co também muito boa. O sumário estatístico está na fig. 69.

PROJETO SANTANA SUREG-RE

SUMÁRIO ESTATÍSTICO - CALCARENITOS E MARGAS

ELEMENTO	GM ppm	GD	CV	Nº 48 G DET.	TEOR MÍNIMO ppm	TEOR MÁXIMO ppm	95% NIV. SUP. ppm	
Fe - S %	2,57	2,26	0,97	48	0,30	15,00	13,1	
Mn - S %	1,40	1,97	0,76	48	0,50	10	5,4	GM = Média Geométrica
Ca - S %	22,83	1,76	0,62	17	1,50	30	71,0	GD = Desvio Geométrico
Ti - S %	0,14	2,76	1,34	48	0,02	1,00	1,1	CV = Coeficiente de variação
Mg - S	39,32	2,18	0,91	33	300	7500	18600	N = Número de amostras
Si - S	26	3,04	1,56	31	5,00	200	145	G.DET. = Grau de detecção
Pb - S	922	3,58	2,01	43	100	7500	11790	
Co - S	11	1,99	0,78	47	2,50	70	42	NIV. SUP. = Nível Superior de significância
Cr - S	60	1,99	0,78	47	5,00	300	240	S = Espectrografia de emissão
Cu - S	43	2,64	1,25	48	5,00	500	299	A.A. = Absorção Atômica
La - S	35	2,06	0,83	45	10	150	151	
Mg - S	19	3,95	2,37	32	2,5	700	305	
Ni - S	31	2,54	1,18	48	5,00	300	203	
Pb - S	57	3,24	1,73	48	10	1000	600	
Sc - S	7,81	1,97	0,77	39	2,5	70	30	
Cr - S	309	1,89	0,70	48	100	2000	1109	
V - S	108	2,50	1,15	48	20	2000	681	
Y - S	27	2,29	0,99	47	10	200	144	Obs: Os valores são expressos em ppm, exceto aqueles assinalados em porcentagem (%).
Cd - A.A.	36	2,43	1,09	48	500	220	214	
Pb - A.A.	50	2,88	1,43	28	2,50	260	415	
Zn - A.A.	71	3,11	1,62	48	10	970	694	
F - INS	394	2,06	0,82	39	120	2750	1673	Fig. 65

PROJETO SANTANA SUREG-RE

TABELA COMPARATIVA - SUDARQUIVO CALCÁRIOS LAMINADOS

ELEMENTOS	TEOR MÉDIO ⁽¹⁾ (HAWKES E WEBB)	TEOR MÉDIO ⁽²⁾ (TUREKIAN-WFDEPOHL)	PROJETO SANTANA		
			MÉDIA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Fe %	1,3	0,38-0,9	2,5	0,2	20
Ti %	0,04	0,04-0,08	0,05	0,002	0,7
Mn	1,00	1,00-1,10	5028	100	7500
Al	0,2	0,01-0,1	1,2	0,5	7
B	18	20-55	14	5	200
Ba	20-200	10-190	473	20	7500
Ca	0,2-2	0,1-0,7	11	2,5	700
Cr	5	11	26	5	200
Cu	5-20	4	45	10	410
Zn	-	1-10	25	10	150
Mo	0,1-0,5	0,4-3	15	2,5	300
Ni	3-10	20-30	16	2,5	150
Pb	5-10	9	70	10	380
Sr	-	1-2	5,2	2,5	20
Si	-	610-2000	414	100	3000
V	2-20	20	70	10	1500
Y	-	3,8-42	12	5	150
Zn	4-20	20-35	150	10	1500
Zr	-	19-20	25	5	200
F	51	300-540	335	25	3200

(1) ESTES VALORES SÃO ESPERAÇÔES PARA CALCÁRIO

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 GRÁFICO DE CORRELAÇÕES-LITOGEOQUÍMICA
 ARQUIVO CALCARENITOS E MARGAS

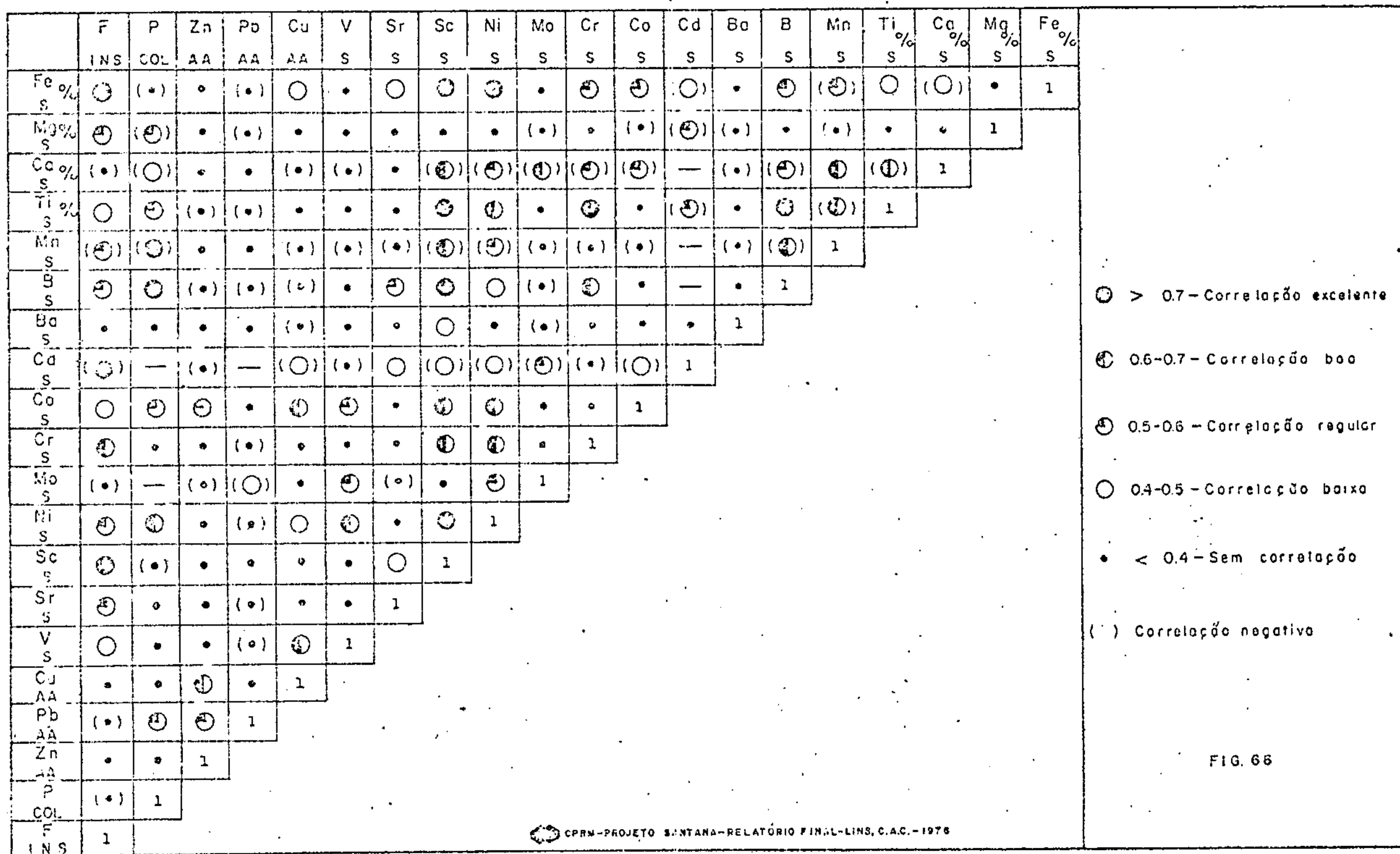


FIG. 66

PROJETO SANTANA SUMÁRIO
 TABELA COMPARATIVA - SUBARQUIVO FOLHELHOS BETUMINGOSOS
 DA BASE DA GIPSITA

ELEMENTOS	TEOR MÉDIO (HAWKES E WEBB)	TEOR MÉDIO ⁽¹⁾ (TURKIAN-WEDEPOHL)	PROJETO SANTANA		
			MÉDIA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Fe %		3,3-4,7	4,1	2	10
Ti %		0,45-0,16	0,2	0,2	0,5
Mn		670-850	24,8	1000	7500
B		100	69	15	200
Ba	450-700	580-800	1068	200	7500
Cu	5-50	19-20	14	5	100
Cr	10-500	90-100	80,4	30	200
Co	20-300	45-57	51	15	160
La		24-32	55	20	200
Mo	10-300	2-2,6	30	2,5	200
Ni	20-300	68-95	47	20	200
Pb	20-400	20	41	15	110
Sc		10-13	10	5	20
Sr		300-450	718	200	1500
V	50-2000	130	280	100	1500
Y		26-38,4	40	15	150
Zn	100-1000	80-95	208	50	1000
Zr		160-200	83	20	500

(1) ESTES VALORES SÃO EXPRESSES PARA FOLHELHOS (SMALL)

PROJETO SANTANA SUREG-RE
GRÁFICO DE CORRELAÇÕES - LITOGEOQUÍMICA
ARQUIVO FOLHELHOS BETUMINOSOS DA BASE DA GIPSITA

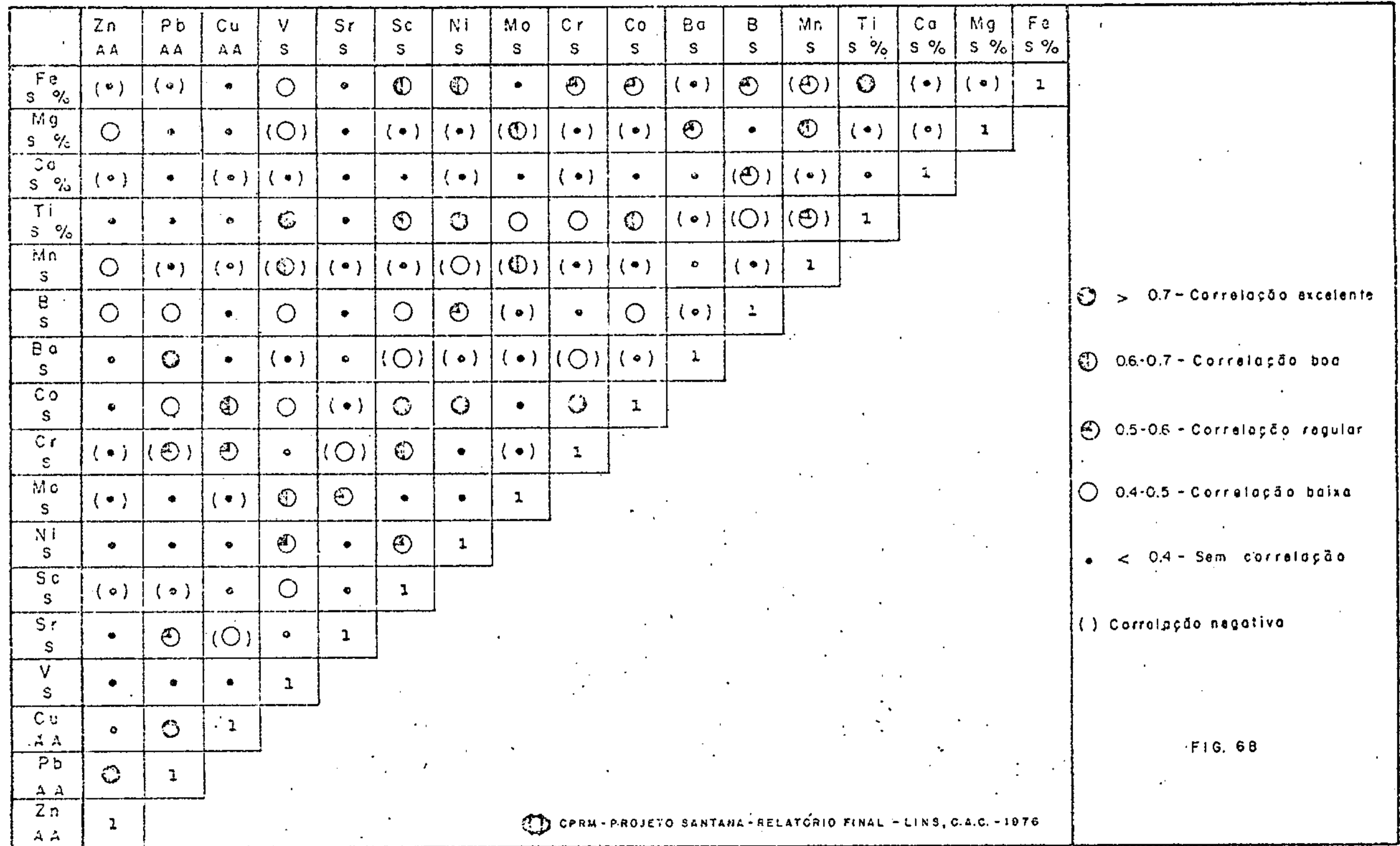


FIG. 68

PROJETO SANTANA SUREG-RE

SUMÁRIO ESTATÍSTICO - FOLHELHOS BETUMINOSOS DA BASE DA GIPSITA

ELEMENTO	GM ppm	GD	CV	n= 17 G DET.	TEOR MÍNIMO ppm	TEOR MÁXIMO ppm	95% NIV. SUP. ppm	
Fe - S %	4,06	1,57	0,47	17	2	10	6,4	GM = Média Geométrica GD = Desvio Geométrico CV = Coeficiente de variação N = Número de amostras GDET = Grau de detecção NIV SUP = Nível superior de significância S = Espectrografia na emissão A.A. = Absorção Atômica Obs.: Os valores são expressos em ppm, exceto aqueles assinalados em porcentagem (%). Fig. 69
Mg - S %	2,45	1,50	0,72	17	1,5	10	9,0	
Ca - S %	16	1,49	0,41	15	10	30	36	
Ti - S %	0,22	1,53	0,45	17	0,15	0,5	0,5	
Mn - S	2438	2,02	0,79	15	1000	7500	9918	
P - S	69	2,22	0,95	17	15	200	340	
Ba - S	1068	2,95	1,49	15	200	7500	9284	
Co - S	14	1,94	0,74	17	5	100	51	
Cr - S	80	1,48	0,41	17	30	200	177	
Cu - S	63	1,87	0,69	17	20	200	220	
Zn - S	55	2,00	0,78	17	20	200	218	
Ni - S	30	3,95	2,36	16	2,5	200	476	
Mn - S	47	1,94	0,74	16	20	200	175	
Pb - S	78	1,62	0,51	17	30	200	205	
Se - S	10	1,45	0,4	17	5	20	21	
Sr - S	718	1,69	0,57	17	200	1500	2071	
V - S	280	2,65	1,26	17	100	1500	1968	
Y - S	40	2,16	0,90	17	15	150	186	
Cd - A.A.	51	1,85	0,68	17	15	160	174	
Pb - A.A.	41	1,88	0,70	10	15	110	144	
Zn - A.A.	208	2,19	0,92	17	50	1000	1002	

Folhelho com Concreções de Ictiólitos

Este subarquivo é constituído por amostras de um folhelho cinza escuro, em parte calcífero, mole, com leitões de marga creme e concreções calcárias com ou sem peixes fósseis e ostracodes. Pertence a facies argilo-siltica e evaporítica.

Da observação da tabela comparativa (fig. 70) destaca-se com um comportamento anômalo o molibdênio que alcança uma média 20 vezes mais elevada que o normal. O teor de matéria orgânica neste tipo de sedimento é regular e o seu conteúdo de elementos metálicos é geralmente elevado. O molibdênio apresenta alta correlação com Pb/Zn/Cu (fig. 71), donde se conclui que a sua concentração anômala está ligada provavelmente a matéria orgânica. Isto se evidencia também em outros grupos de amostras de caráter betuminoso ou mesmo com teor regular de matéria orgânica, onde o molibdênio se destaca sempre em associação com outros elementos metálicos. A figura 72 mostra o sumário estatístico deste subarquivo.

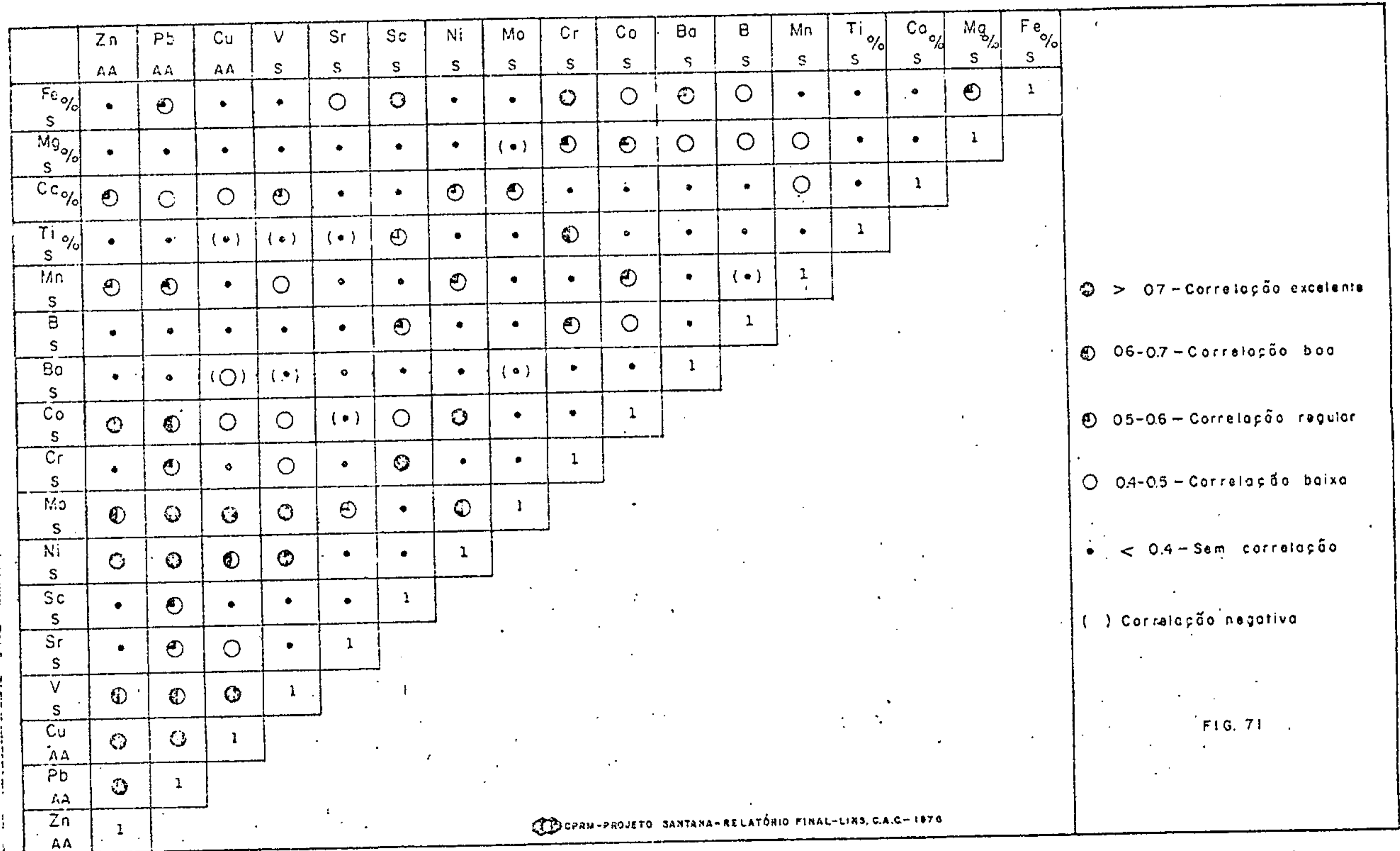
Folhelhos e Siltitos

Foram agrupados neste subarquivo todas as amostras de folhelhos típicos e siltitos, desde a facies arenosa até a facies carbonatada e argilo-siltica e evaporítica. Os tipos litológicos presentes são: siltito cinza a avermelhado, mole; folhelho cinza a avermelhado, com pequenos fósseis; folhelho cinza esverdeado, mole; siltito cinza esverdeado, laminado, mole; siltito cinza, algo calcífero, laminado, mole; folhelho e siltito, cinza a avermelhado, laminado, em parte calcífero e fosfórico. O padrão médio de distribuição dos elementos é bastante uniforme (fig. 73), com apenas o molibdênio e o bário

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 TABELA COMPARATIVA - SUBARQUIVO FOLHELHO COM
 CONCREÇÕES DE ICTIÓLITOS

ELEMENTOS	TEOR MÉDIO (HAWKES E WEBB)	TEOR MÉDIO (TUREKIAN-WESEPOHL)	PROJETO SANTANA		
			MÉDIA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Fe %	4,3	3,3-4,7	10	3	20
Ti %	0,44	0,45-0,46	0,7	0,2	1,5
Mn		670-850	644	150	5000
B	130	100	53	15	150
Ba	300-600	530-800	2396	300	7500
Co	10-50	12-20	24	10	150
Cr	100-400	30-100	193	100	500
Cu	30-150	45-57	70	25	270
La	40	34-32	84	20	200
Mg	1	2-2,6	47	5	500
Ni	20-100	68-95	88	50	700
Pb	20	20	22	5	50
Sc		10-13	22	10	50
Sr		300-450	272	100	2000
V	50-300	130	277	100	1000
Y		26-38,4	46	20	100
Zn	50-300	80-95	67	25	640
Zr		150-200	216	100	700

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 GRÁFICO DE CORRELAÇÕES-LITOGEOQUÍMICA
 ARQUIVO FOLHELHO COM CONCREÇÕES DE ICTIÓLITOS



PROJETO SANTANA SUREG-RE
SUMÁRIO ESTATÍSTICO - FOLHELHO COM CONCREÇÕES DE ICTIÓLITOS

ELEMENTO	GM ppm	GD	CV	Nº24 G DET.	TEOR MÍNIMO ppm	TEOR MÁXIMO ppm	95% NIV SUP ppm	
Fe - S %	10,06	1,63	0,52	24	3	20	27,0	
Mg - S %	1,74	1,30	0,27	24	1,5	5	3,0	GM = Média Geométrica
Ca - S %	2,4	2,77	1,35	22	0,7	30	18,4	GD = Desvio Geométrico
Ti - S %	0,7	1,68	0,56	22	0,2	1,5	1,9	CV = Coeficiente de variação
Mn - S	644	2,61	1,23	24	150	5000	4384	N = Número de amostras
B - S	53	1,61	0,50	24	15	150	138	GDET = Grau de detecção
Ba - S	2336	3,07	1,59	15	300	7500	22653	NIV SUP = Nível superior de significância
Co - S	24	1,27	0,77	24	10	150	91	S = Espectrografia de emissão
Cr - S	133	1,67	0,55	24	100	500	538	
Cu - S	124	1,35	0,75	24	50	500	471	AA = Absorção Atômica
La - S	24	1,66	0,55	24	20	200	233	
Mo - S	47	5,93	4,77	19	5	500	1652	
Ni - S	88	2,01	0,79	19	50	700	354	
Pb - S	47	1,55	0,46	24	20	100	114	
Sc - S	22	1,54	0,45	24	10	50	53	
Si - S	272	2,03	0,85	20	100	2000	1189	
V - S	277	2,29	0,99	24	100	1000	1443	
Y - S	46	1,85	0,68	24	20	100	156	Obs. Os valores são expressos em ppm, exceto aqueles assinalados em porcentagem (%).
Cu - A.A.	70	1,93	0,74	24	25	270	259	
Pb - A.A.	22	1,73	0,59	22	5	50	65	
Zn - A.A.	67	1,96	0,76	24	25	640	258	Fig. 72

PROJETO SANTANA SUREG-RE

TABELA COMPARATIVA - SUBARQUIVO FOLHELHOS E SILTITOS I

ELEMENTOS	TEOR MÉDIO (HAWKES E WEBB)	TEOR MÉDIO (TUREKIAN-WILCOPEL)	PROJETO SANTANA		
			MÉDIA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Fe%	4,3	3,3-4,7	8,3	1,5	20
Ti%	0,44	0,45-0,46	0,7	0,1	1,5
Mn		670-850	1246	150	7500
Ag	0,4	0,07-0,1	0,8	0,5	2
B	130	100	78	15	1000
Ba	300-600	580-800	1904	200	7500
Ca	10-50	19-20	27	5	200
Cr	100-400	90-100	161	50	700
Co	30-150	45-57	40	5	260
Co	40	34-92	66	20	200
Mo	1	2-2,6	6,5	2,5	70
Ni	20-100	68-95	93	15	300
Pb	20	20	24	2,5	340
Sc		10-13	20	5	70
Sr		300-450	199	50	2000
V	50-300	130	161	50	1000
Y		26-38,4	55	15	200
Zn	50-300	80-95	66	10	1500
Zr		160-200	301	30	1500
F	590	500-740	687	350	1300

Fig. 73

apresentando um certo desvio do modelo comparativo; novamente aqui é evidenciado um aumento geral do conteúdo destes dois elementos. Isto parece ser uma constante por todas as litologias nas diferentes facies da sequência sedimentar. O gráfico de correlação (fig. 74) evidencia as associações Fe/Ni/Cr/Co e Pb/Ag. O sumário estatístico (fig. 75) oferece uma visão de conjunto da distribuição dos diversos elementos.

Calcários, Calcarenitos e Margas .

Este subarquivo foi criado apenas para comparação com os seus dois constituintes - calcários laminados e calcarenitos e margas. O gráfico de correlação (fig. 76) não apresenta nenhum destaque especial que diferencie dos dois subarquivos constituintes. O sumário estatístico (fig. 77) resume os dados estimadores gerais do grupo.

Folhelhos e Margas Betuminosas

Estão incluídas neste grupo todas as amostras que possuem em suas litologias material betuminoso; os subarquivos Folhelhos Betuminosos da Base da Gipsita e Margas Betuminosa da Zona Mineralizada; e ainda as amostras de Folhelhos Betuminosos Intercalados no Calcário Laminado. O comportamento dos diversos elementos coincide com os padrões típicos de folhelhos negros (black shale), (fig. 78). Nas figuras 79 e 80 constam respectivamente o gráfico de correlações e o sumário estatístico.

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 GRÁFICO DE CORRELAÇÕES - LITOGEOQUÍMICA
 ARQUIVO FOLHELHOS E SILTITOS I

	F INS	Zn AA	Pb AA	Cu AA	V S	Sr S	Sc S	Ni S	Mo S	Cr S	Co S	Ba S	B S	Ag S	Mu S	Ti S %	Ca S %	Mg S %	Fe S %
Fe S %	(•)	•	•	•	•	(•)	⊕	⊕	•	⊕	⊕	•	•	(•)	•	○	(•)	•	1
Mg S %	(•)	○	•	•	•	•	•	•	(•)	•	•	•	•	•	•	(•)	•	1	
Ca S %	•	•	•	(•)	(•)	•	(•)	(•)	(•)	(•)	(•)	•	(•)	•	•	(•)	1		
Ti S %	•	(•)	•	•	•	(•)	⊕	⊕	(•)	⊕	•	•	○	(•)	(•)	1			
Mn S	(•)	•	•	•	(•)	•	•	•	(•)	•	•	•	(•)	•	1				
Ag S	—	•	⊕	⊕	•	•	(•)	(•)	•	(•)	•	⊕	•	1					
B S	•	•	•	•	⊕	•	○	○	(•)	○	•	•	1						
Ba S	•	•	○	(•)	•	•	•	○	•	○	•	1							
Co S	•	•	•	○	•	(•)	⊕	⊕	(•)	○	1								
Cr S	•	•	•	•	○	•	⊕	⊕	(•)	1									
Mo S	—	(•)	•	•	•	•	(•)	(•)	1										
Ni S	•	•	•	•	•	(•)	⊕	1											
Sc S	(•)	•	•	•	○	(•)	1												
Sr S	•	•	○	•	○	1													
V S	(•)	•	•	•	1														
Cu AA	•	•	•	1															
Pb AA	⊕	•	1																
Zn AA	•	1																	
F INS	1																		

- ⊕ > 0.7 - Correlação excelente
- ⊕ 0.6-0.7 - Correlação boa
- ⊕ 0.5-0.6 - Correlação regular
- 0.4-0.5 - Correlação baixa
- < 0.4 - Sem correlação
- () Correlação negativa

FIG. 74

PROJETO SANTANA SUREG-RE

SUMÁRIO ESTATÍSTICO - FOLHEINHOS E SILTITOS I

ELEMENTO	GM ppm	GD	CV	Nº 112 G. DET.	TEOR MÍNIMO ppm	TEOR MÁXIMO ppm	95% NIV. SUP. ppm
Fe - S %	8,29	1,65	0,53	112	1,50	20	23
Mg - S %	1,86	1,70	0,57	112	0,05	10	5,4
Ca - S %	2,99	3,49	1,94	103	0,03	30	36,4
Ti - S %	0,66	1,66	0,54	105	0,10	1,50	1,8
Mn - S	1246	2,38	1,06	107	150	7500	7082
B - S	78	1,95	0,76	112	15	1000	301
Sr - S	1904	2,69	1,29	91	200	7500	13838
Ce - S	26	1,99	0,78	112	5	200	106
Cr - S	161	1,67	0,55	112	50	700	449
Cu - S	67	2,10	0,85	112	7	200	295
La - S	66	1,53	0,45	112	20	200	155
Mo - S	6	2,54	1,17	40	2,5	70	42
Ni - S	93	1,84	0,67	112	15	300	314
Pb - S	45	1,85	0,68	112	10	500	153
Sc - S	20	1,58	0,48	106	5	70	51
Zr - S	199	2,22	0,94	93	50	2000	979
V - S	161	1,74	0,60	112	50	1000	488
Y - S	55	1,64	0,52	112	15	200	147
Cu - A.A.	39	2,00	0,79	112	5	260	159
Pb - A.A.	24	2,02	0,79	94	2,5	340	98
Zn - A.A.	66	2,03	0,81	111	10	1500	273
F - INS	687	1,39	0,34	11	350	1300	1341

GM = Média Geométrica

GD = Desvio Geométrico

CV = Coeficiente de variação

N = Número de amostras

G. DET. = Grau de detecção

NIV SUP. = Nível Superior de significação

S = Espectrografia de emissão

A.A = Absorção Atômica

Obs: Os valores são expressos em ppm, exceto aqueles assinalados em percentagem (%).

Fig. 75

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 GRÁFICO DE CORRELAÇÕES - LITOGEOQUÍMICA
 ARQUIVO CALCÁRIOS, CALCARENITOS E MARGAS

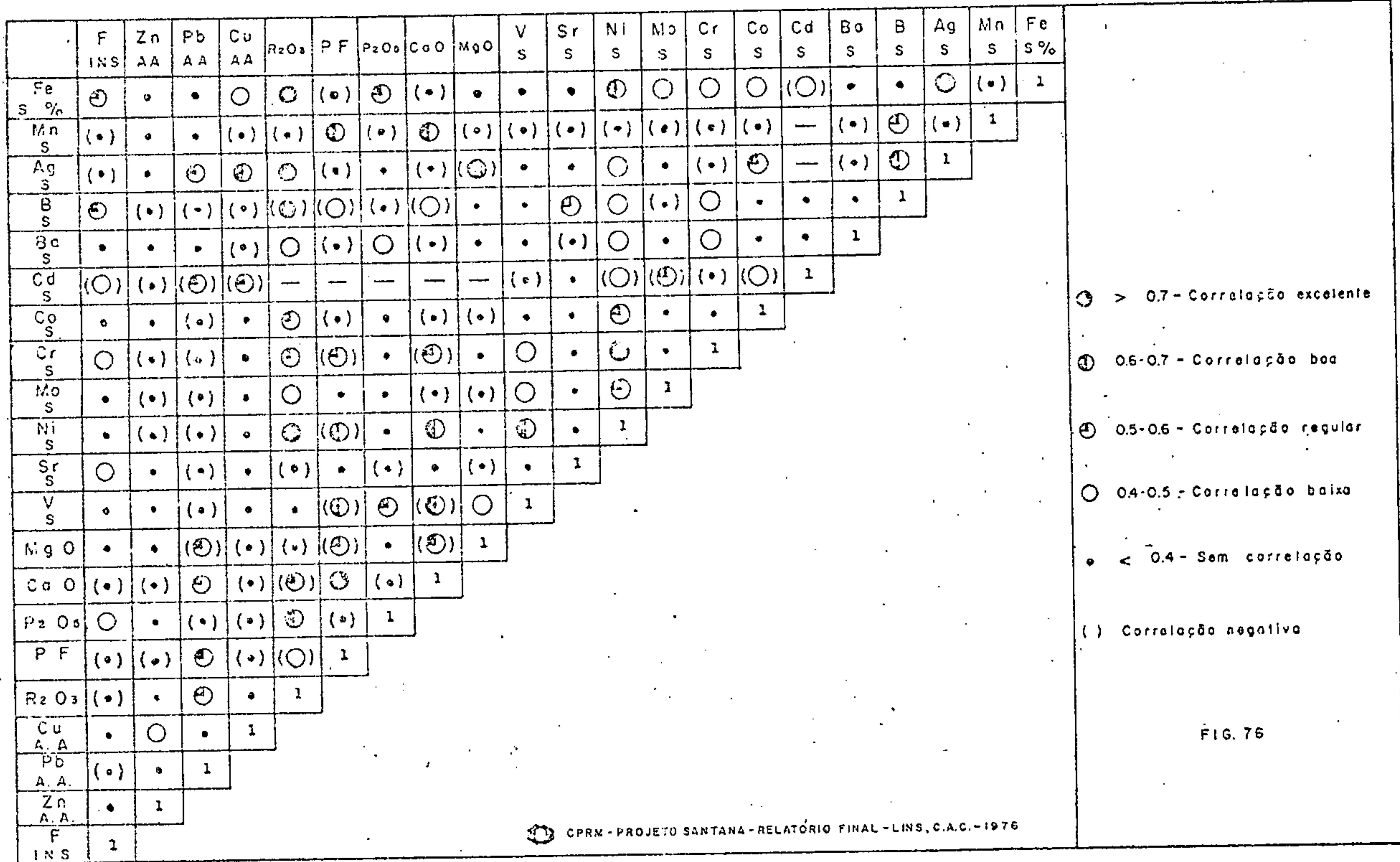


FIG. 76

PROJETO SANTANA - SUREG-RE

SUMÁRIO ESTATÍSTICO - CALCÁRIOS, CALCARENITOS E MARGAS

ELEMENTO	GM ppm	GD	CV	N= 117 G. DET.	TEOR MÍNIMO ppm	TEOR MÁXIMO ppm	95% NIV. SUP. ppm	
Fe - S %	2,52	2,57	1,19	117	0,20	20	17	
Mg - S %	1,15	2,00	0,79	117	0,20	10	5	GM = Média Geométrica
Ca - S %	26,30	1,50	0,42	20	1,50	30	59,2	GD = Desvio Geométrico
Ti - S %	0,07	3,36	1,83	117	0,002	1,0	1	CV = Coeficiente de variação
Mn - S	4545	2,09	0,86	65	100	7500	20026	N = Número de amostras
Si - S	15	3,04	1,56	65	5,00	200	140	G. DET. = Grau de detecção
So - S	621	4,59	3,04	103	20	7500	13155	NIV. SUP. = Nivel Superior de significância
Co - S	11	2,40	1,07	107	2,50	700	62	S = Espectrografia de emissão
Cr - S	37	2,49	1,14	104	5,00	300	233	A.A = Absorção Atômica
Cu - S	44	2,74	1,35	117	5,00	700	331	
La - S	29	1,99	0,73	92	10	150	117	
Mo - S	16,82	3,38	2,85	88	2,5	700	192	
Ni - S	21	2,55	1,18	114	2,50	300	138	
Pb - S	75	3,24	1,72	117	10	1000	790	
Sc - S	7	2,01	0,79	56	2,5	70	27	
Sr - S	366	2,21	0,94	115	100	3000	1797	
V - S	83,45	2,44	1,10	117	10	2000	498	
Y - S	17	2,40	1,08	97	5,00	200	98	
Cu - A.A.	41	2,40	1,08	117	5,00	410	239	
Pb - A.A.	63	2,49	1,15	85	2,50	380	392	
Zn - A.A.	110	3,53	1,98	115	10	1500	1383	
F - INS	258	2,35	1,04	93	25	3200	1979	Fig. 77

Obs: Os valores são expressos em ppm, exceto aqueles assinalados em porcentagem (%).

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 GRÁFICO DE CORRELAÇÕES - LITOGEOQUÍMICA
 ARQUIVO FOLHELHOS E MARGAS BETUMINOSAS

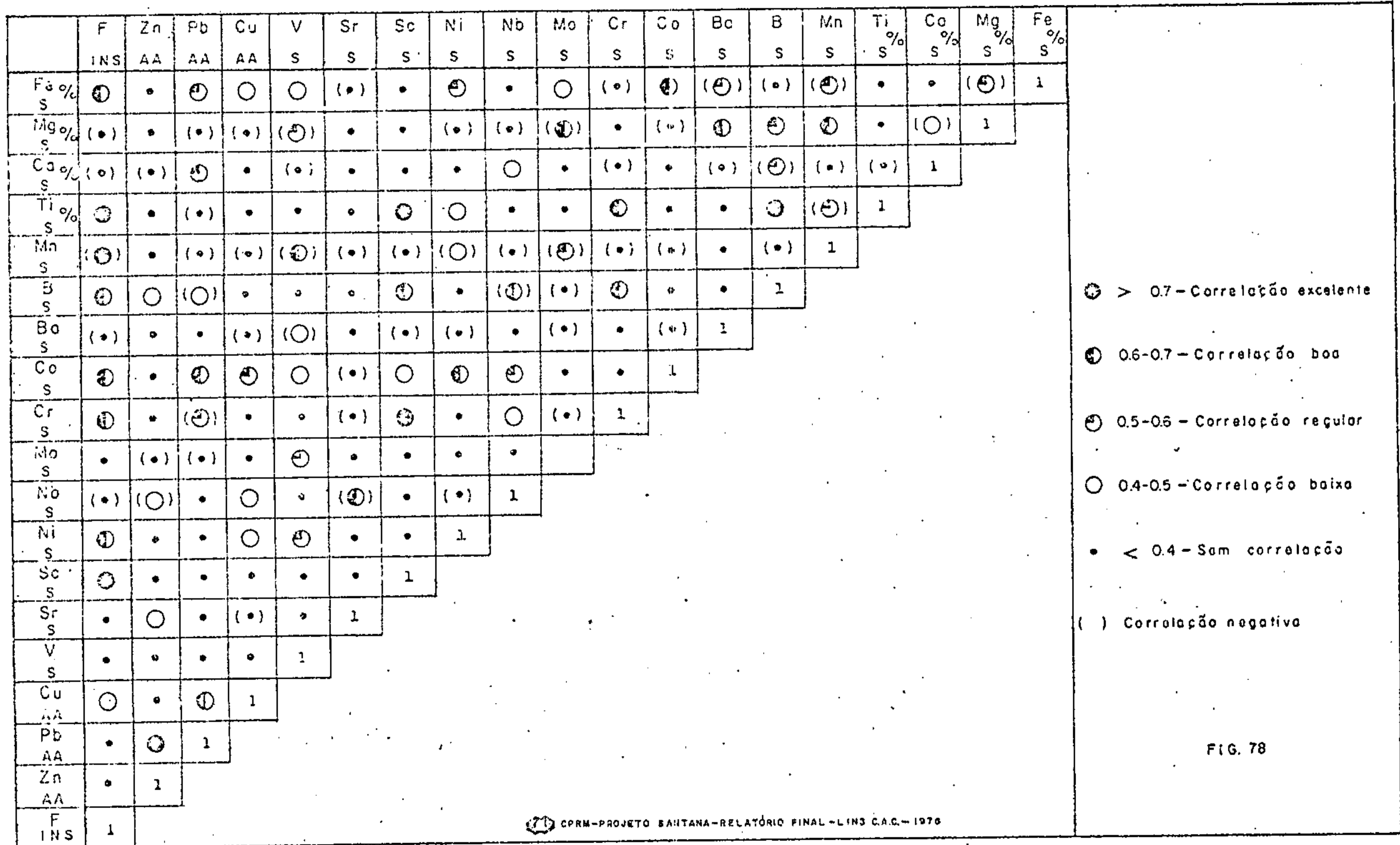


FIG. 78

PROJETO SANTANA SUREG-RE

TABELA COMPARATIVA - SUBARQUIVO FOLHELOS E MARGAS DETUMINOSAS

ELEMENTOS	TEOR MÉDIO (HAWKES E WEBB)	TEOR MÉDIO (TUBERKIAN-WEDEPOLL)	PROJETO SANTANA		
			MÉDIA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
P ₂ %		3,3 - 4,7	5	2	15
T ₂ %		0,45 - 0,46	0,2	0,1	0,5
Mn		670 - 850	2995	1000	7500
S		100	49	10	200
Si	450 - 700	580 - 800	872	150	7500
Co	5 - 50	19 - 20	17	5	100
Cr	10 - 500	90 - 100	72	30	200
Cu	20 - 300	45 - 57	59	15	290
Li		34 - 92	53	20	200
Ni	10 - 300	2 - 2,6	36	2,5	200
Nr	20 - 300	68 - 95	53	20	300
Pa	20 - 400	20	124	15	1500
Sc		10 - 13	9	2,5	20
Sr		300 - 450	706	200	1500
V	50 - 2000	130	336	100	1500
Y		26 - 38,4	42	15	150
Zn	100 - 1000	80 - 95	316	50	1500
Zr		160 - 200	80	20	500
F		500 - 740	1035	375	1900

(3) ESTES VALORES SÃO ESTIMADOS PARA FOLHELOS (SUALES)

PROJETO SANTANA SUREG-RE
SUMÁRIO ESTATÍSTICO FOLHELHOS E MARGAS BETUMINOSAS

ELEMENTO	GM ppm	GD	CV	N: 24 G. DET.	TEOR MÍNIMO ppm	TEOR MÁXIMO ppm	95 % NIV. SUP. ppm	
Fe - S %	5,01	1,74	0,6	24	2	15	15,2	
Mg - S %	1,89	2	0,79	24	0,7	10	8,0	GM = Média Geométrica
Ca - S %	17,57	1,45	0,39	20	10	30	27,5	GD = Desvio Geométrico
Ti - S %	0,19	1,75	0,60	24	0,07	0,5	0,6	CV = Coeficiente de variação
Mn - S	2995	2,15	0,89	17	1000	7500	13816	n = Número de amostras
B - S	49	2,65	1,26	24	10	200	343	G. DET. = Grau de detecção
Ba - S	872	3,24	1,73	21	150	7500	9157	NIV. SUP. = Nível Superior de significância
Co - S	17	2,17	0,91	24	5	100	78	G = Espectrografia de emissão
Cr - S	72	1,53	0,44	24	30	200	167	A.A = Absorção Atômica
Pb - S	76	1,94	0,74	24	20	300	286	
Cd - S	53	1,97	0,76	24	20	200	204	
Mo - S	36	3,47	1,92	23	2,5	200	436	
Ni - S	53	2,08	0,84	23	20	300	229	
Pb - S	196	5,22	3,79	24	30	10000	5345	
Sr - S	8,86	1,66	0,54	23	2,5	20	25	
Cr - S	706	1,63	0,52	24	200	1500	1863	
V - S	336	2,50	1,15	24	100	1500	2096	
Y - S	42	2,04	0,81	24	15	150	173	
Cu - A.A.	59	1,90	0,72	24	15	290	214	
Pb - A.A.	124	4,72	3,18	14	15	1500	2753	
Zn - A.A.	316	2,78	1,36	20	50	1500	2441	
F - INS	1035	1,79	0,64	10	375	1900	3324	Obs: Os valores são expressos em ppm, exceto aqueles assinalados em porcentagem (%).

Fig. 80

Folhelhos e Siltitos II

Também é um subarquivo de caráter comparativo constituído por Folhelho com Concreções de Ictiólitos, Folhelhos e Siltitos e Folhelho do Topo e da Base da Zona Mineralizada. São as amostras que poderão ser tipicamente enquadradas como "shale" (folhelhos) (fig. 81). A distribuição geoquímica dos elementos é normal para este tipo de sedimento e corresponde com as observações tiradas dos seus subarquivos constituintes (figs. 82 e 83).

Folhelhos Betuminosos da Base da Gipsita e Interca-
lados no Calcário.

Inclui as amostras de folhelhos betuminosos da fa-
cies carbonatada. Pela observação da tabela comparativa (fig. 84), do gráfico de correlação (fig. 85) e do sumário estatístico (fig. 86) pode-se concluir que este subarquivo de caráter comparativo obedece tipicamente aos padrões propostos para "black shale".

Gipsita

Este subarquivo é constituído pelas amostras de gipsita pura e impura coletadas aleatoriamente dentro da fa-
cies argilo-síltica e evaporítica. No geral é uma gipsita es-
branquiçada, maciça, em parte estratificada, com estrutura de colapso e leitos de folhelho esverdeado, mole. A finalidade principal da análise, como já foi enfatizado é caracterizar geoquimicamente o comportamento dos diversos elementos analisa-
dos dentro da unidade litológica. Esta caracterização pode ser tomada como os teores médios obtidos no sumário estatístico

PROJETO SANTANA SUREG-RE

TABELA COMPARATIVA - SUBARQUIVO FOLHELHOS E SILTITOS II

ELEMENTOS	TEOR MÉDIO (HAWKES E WEBB)	TEOR MÉDIO (TUREKIAN-WEINBERG)	PROJETO SANTANA		
			MÉDIA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Fe%	4,3	3,3 - 4,7	8,7	1,5	20
Ti%	0,44	0,45- 0,46	0,7	0,1	1,5
Mn		670 - 850	1129	150	7500
Ag	0,4	0,07- 0,1	0,8	0,5	3
B	130	100	76	15	1000
Ba	300 - 600	580 - 800	1873	200	7500
Co	10 - 50	19 - 20	26	5	200
Cr	100- 400	90 - 100	167	50	700
Cu	30 - 150	45 - 57	45 - 76	5	270
La	40	34 - 92	69	20	200
Mo	1	2 - 2,6	10	2,5	500
Ni	20 - 100	68 - 95	92	15	700
Pb	20	20	25 - 47	2,5	340
Sc		10 - 13	21	5	70
Sr		300 - 450	210	50	2000
V	50 - 300	130	180	50	1000
Y		26 - 38,4	53	15	200
Zn	50 - 300	80 - 95	68 - 202	10	1500
Zr		160 - 200	277	30	1500
F	590	500 - 740	688	350	1300

Fig. 81

PROJETO SANTANA SUREG-RE
SUMÁRIO ESTATÍSTICO - FOLHELHOS E SILTITOS II.

ELEMENTO	GM ppm	GD	CV	Nº 143 G. DET.	TEOR MÍNIMO ppm	TEOR MÁXIMO ppm	95% NIV. SUP. ppm
Fe - S %	8,65	1,65	0,54	143	1,5	20	24
Mg - S %	1,84	1,63	0,52	143	0,05	10	5,0
Cu - S %	2,87	3,38	1,84	132	0,03	30	33,0
Ti - S %	0,66	1,65	0,53	134	0,1	1,5	2,0
Mn - S	1129	2,6	1,2	136	150	7500	7342
B - S	76	2	0,7	143	15	1000	262
Ba - S	1873	3	1,4	113	200	7500	14540
Co - S	26,5	2	0,8	143	5	200	109
Cr - S	167	1,7	0,6	143	50	700	466
Cu - S	76	2,2	0,9	143	7	500	356
La - S	69	1,6	0,5	143	20	200	169
Mo - S	10,1	4,3	2,7	62	2,5	500	184
Ni - S	92	1,9	0,7	138	15	700	322
Pb - S	47	1,9	0,7	143	10	500	170
Sc - S	21,4	1,6	0,5	137	5	70	56
Sr - S	210	2,2	0,9	120	50	2000	1010
V - S	180	1,9	0,7	143	50	1000	663
Y - S	53	1,7	0,6	143	15	200	149
Cu - A.A.	45	2	0,8	143	5	270	186
Pb - A.A.	25	2	0,8	122	2,5	340	100
Zn - A.A.	68	2,1	0,9	142	10	1500	304
F - IIS	688	1,4	0,3	12	350	1300	1303

GM = Média Geométrica

GD = Desvio Geométrico

CV = Coeficiente de variação

N = Número de amostras

G.DET. = Grau de detecção

NIV. SUP. = Nível Superior de significância

S = Espectrografia de emissão

A.A = Absorção Atômica

Obs: Os valores são expressos em ppm, exceto aqueles assinalados em porcentagem (%).

Fig. 83

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 GRÁFICO DE CORRELAÇÕES - LITOGEOQUÍMICA
 ARQUIVO FOLHELHOS E SILTITOS II

	F INS	Zn AA	Pb AA	Cu AA	V S	Sr S	Sc S	Ni S	Mo S	Cu S	Cr S	Co S	Ba S	B. S	Ag S	Mn S	Ti S %	Ca S %	Mg S %	Fe S %
Fe S %	(•)	•	•	•	•	(•)	⊕	⊕	•	•	⊕	⊕	•	•	•	•	○	(•)	•	1
Mg S %	(•)	•	•	•	•	•	•	•	(•)	•	•	•	•	•	•	•	(•)	•	1	
Co S %	•	•	•	(•)	(•)	•	(•)	(•)	•	(•)	(•)	(•)	•	(•)	•	○	(•)	1		
Ti S %	•	(•)	•	(•)	•	(•)	⊕	○	•	•	⊕	•	•	○	(•)	(•)	1			
Mn S	(•)	•	•	•	•	•	•	•	•	(•)	•	•	•	(•)	•	1				
Ag S	—	○	⊕	•	•	•	•	(•)	(•)	○	(•)	•	(⊕)	•	1					
B S	•	•	•	•	•	•	○	○	(•)	•	○	•	•	1						
Ba S	•	•	•	(•)	•	(•)	•	•	(•)	(•)	(•)	•	1							
Co S	•	○	•	○	•	(•)	⊕	⊕	•	⊕	○	1								
Cr S	•	•	•	•	○	•	⊕	⊕	•	•	1									
Cu S	•	•	•	⊕	⊕	•	○	○	⊕	1										
Mo S	—	•	•	⊕	⊕	•	•	•	1											
Ni S	•	○	•	•	○	(•)	⊕	1												
Sc S	(•)	•	•	•	○	(•)	1													
Sr S	•	•	○	•	•	1														
V S	(•)	•	•	○	1															
Cu AA	•	•	•	1																
Pb AA	⊕	○	1																	
Zn AA	•	1																		
F INS	1																			

- ⊕ > 0.7 - Correlação excelente
- ⊕ 0.6-0.7 - Correlação boa
- ⊕ 0.5-0.6 - Correlação regular
- 0.4-0.5 - Correlação baixa
- < 0.4 - Sem correlação
- () Correlação negativa

FIG. 82

PROJETO SANTANA SUREGHE

TABELA COMPARATIVA - SUBARQUIVO FOLHELHOS BETUMINOSOS DA BASE DA GIPSITA E INTERCALADOS NO CALCÁRIO

ELEMENTOS	TEOR MÉDIO (HAWKES E WEBB)	TEOR MÉDIO ⁽¹⁾ (TUREKIAN-WEDFPCIL)	PROJETO SANTANA		
			MÉDIA	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Fe %		3,3-4,7	4,4	2	10
Ti %		0,45-0,46	0,2	0,2	0,5
Mn		670-850	2352	1000	7500
B		100	69	15	200
Ba	450-700	580-800	1157	200	7500
Co	5-50	19-20	15	5	100
Cr	10-500	90-100	81	30	200
Cu	20-300	45-57	72	20	300
La		34-92	58	20	200
Mo	10-300	2-2,6	30	2,5	200
Ni	20-300	66-95	51	20	200
Pb	20-400	20	56,1	15	280
Sc		10-13	10,5	5	20
Sr		300-450	746	200	1500
V	50-2000	130	284	100	1500
Y		26-38,4	40	15	150
Zn	100-1000	80-95	282	100	1500
Zr		160-200	93	20	500

ESTES VALORES SÃO ESPERADOS PARA FOLHELHOS ISMALLEST

PROJETO SANTANA SUREG-RE

GRÁFICO DE CORRELAÇÕES - LITOGEOQUÍMICA

ARQUIVO FOLHELHOS BETUMINOSOS DA BASE DA GIPSITA E INTERCALADOS NO CALCÁRIO

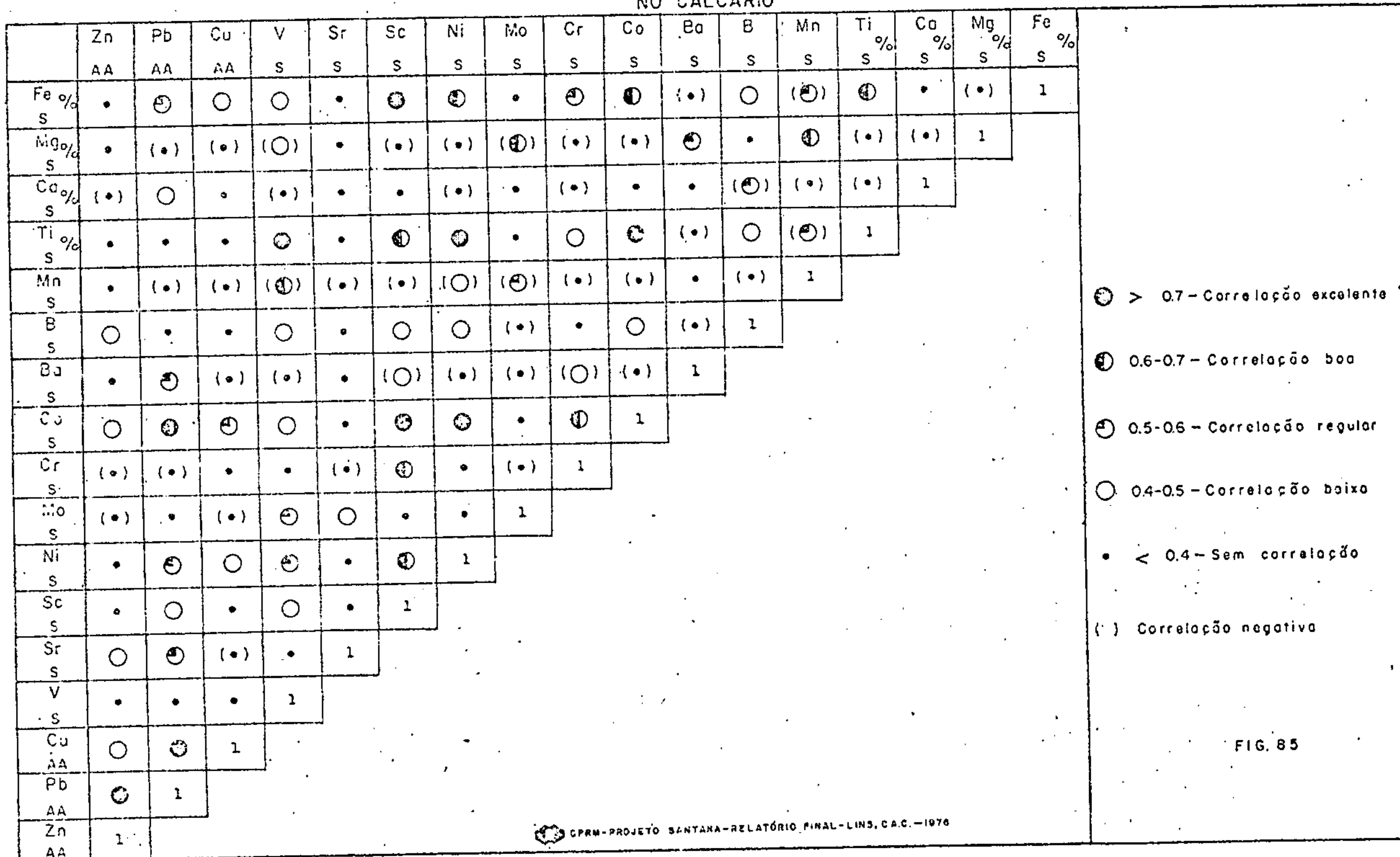


FIG. 85

PROJETO SANTANA SUREG-RE

SUMÁRIO ESTATÍSTICO - FOLHELHOS BETUMINOSOS DA BASE DA GIPSITA
E INTERCALADOS NO CALCÁRIO

ELEMENTO	GM ppm	GD	CV	N: 19 G DET.	TEOR MÍNIMO ppm	TEOR MÁXIMO ppm	95% NIV. SUP. ppm	
Fe - S %	4,38	1,62	0,51	19	2	10	11,5	
Mg - S %	2,32	1,87	0,69	19	1,5	10	8,1	GM - Média Geométrica
Ca - S %	16,27	1,46	0,39	17	10	30	35,0	GD - Desvio Geométrico
Ti - S %	0,23	1,56	0,47	19	0,15	0,5	0,6	CV - Coeficiente de variação
Mn - S	2352	1,96	0,76	17	1000	7500	9016	N - Número de amostras
K - S	69	2,14	0,89	19	15	200	317	GDET: Grau de detecção
Nb - S	1157	3,1	1,6	16	200	7500	10861	NIV SUP: Nível superior de significância
Co - S	15	2,1	0,84	19	5	100	65	S - Espectrografia de emissão
Cr - S	81	1,5	0,4	19	30	200	172	A.A. - Absorção Atômica
Cu - S	72	2,04	0,8	19	20	300	297	
La - S	58	1,98	0,77	19	20	200	227	
Mo - S	30	3,71	2,14	18	2,5	200	415	
Ni - S	51	1,98	0,77	18	20	200	200	
Pb - S	96	2,2	0,93	19	30	700	466	
Sc - S	10	1,5	0,41	19	5	20	23	
Sr - S	746	1,69	0,57	19	200	1500	2140	
V - S	284	2,54	1,18	19	100	1500	1832	
Y - S	40	2,1	0,85	19	15	150	172	
Ce - A.A.	57	2,03	0,81	19	15	290	235	
Pb - A.A.	56	2,55	1,19	12	15	280	365	
Zn - A.A.	232	2,3	1,0	19	50	1000	1221	

Obs.: Os valores são expressos em ppm, exceto aqueles incluídos em percentagem (%).

Fig. 86

(fig. 87). As principais associações afins de elementos (fig. 88) são Fe/Mg/Mn/Zn/Co/Cr/Ni/Cu/R₂O₃ e SO₃/CaO/H₂O (composição básica da gipsita). A correlação negativa entre estes dois grupos indica que a presença de metálicos está ligada exclusivamente as impurezas que porventura existam na gipsita.

Conglomerado Calcário e Marga Betuminosa da Zona Mineralizada.

Este subarquivo abrange as amostras da zona mineralizada. Os tipos litológicos presentes são: marga negra, betuminosa, laminada, fossilífera, mole, com cristais de galena, pirita e pisólitos de calcário, ostracodes e pólenes; conglomerado e brecha calcária creme, muito duro, com lâminas betuminosas, cristais de galena e pirita, ostracodes e pólenes.

Durante a coleta das amostras manteve-se a máxima aleatoriedade possível dentro da zona mineralizada, a fim de obter-se um padrão do conteúdo médio dos diversos elementos e suas associações típicas visando dessa forma caracterizar o quimismo desta zona.

O sumário estatístico (fig. 89) foi construído com os dados do subarquivo exceto para os elementos Pb e Zn analisados por absorção atômica. Além dos 14 valores do subarquivo foram acrescentados mais oito resultados analíticos que não deram entrada no computador. A partir deste modelo pode-se ter uma idéia tanto do ponto de vista de conteúdo como de correlação (fig. 90). A mineralização localizada apresenta certas peculiaridades que a caracterizam:

- boa correlação entre Pb/Zn e não correlação destes dois elementos com o cobre. Isto reflete que a mineraliza

PROJETO SANTANA SUREG-RE

SUMÁRIO ESTATÍSTICO - GIPSITA

ELEMENTO	GM ppm	GD	CV	N= 60 G. DET.	TEOR MÍNIMO ppm	TEOR MÁXIMO ppm	95% NIV. SUP. ppm
Fe - S %	0,14	4,66	3,11	49	0,02	15	3,1
Mg - S %	0,08	4,98	3,49	49	0,01	2,0	2,1
Ca - S %	25,34	1,31	0,28	19	10	30	44
Ti - S %	0,02	5,13	3,68	56	0,001	0,7	0,4
Mn - S	59,49	6,33	5,39	46	5,0	7500	2383
H - S	11,95	3,06	1,58	15	5,0	150	112
Ba - S	76,04	4,91	3,40	44	10	3000	1834
Cu - S	4,49	2,58	1,20	16	2,5	300	30
Cr - S	8,93	2,55	1,19	18	5,0	100	58
Zn - S	5,00	2,89	1,45	22	2,5	200	42
Pb - S	26,04	1,43	0,37	37	10	70	53
Ni - S	4,72	2,19	0,92	6	2,5	30	23
Al - S	10,65	5,17	3,73	12	2,5	500	285
Si - S	12,96	2,96	1,5	29	5,0	500	114
K - S	1791	2,86	1,42	40	200	7500	14678
Li - S	30,33	2,46	1,12	59	5,0	500	184
V - S	8,24	2,26	0,97	19	5,0	150	42
Co - A.A.	4,49	2,12	0,87	35	2,5	100	20
Pb - A.A.	8,28	4,66	3,34	5	2,5	170	195
Ca - A.A.	7,44	2,99	1,53	52	2,5	1500	67

GM = Média Geométrica
 GD = Desvio Geométrico
 CV = Coeficiente de variação
 N = Número de amostras
 GDET = Grau de detecção
 NIV. SUP. = Nível superior de significância
 S = Espectrografia de emissão
 A.A. = Absorção Atômica

Obs.: Os valores são expressos em ppm, exceto aqueles assinalados em porcentagem (%).

Fig. 87

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 GRÁFICO DE CORRELAÇÕES - LITOGEOQUÍMICA
 ARQUIVO GIPSITA

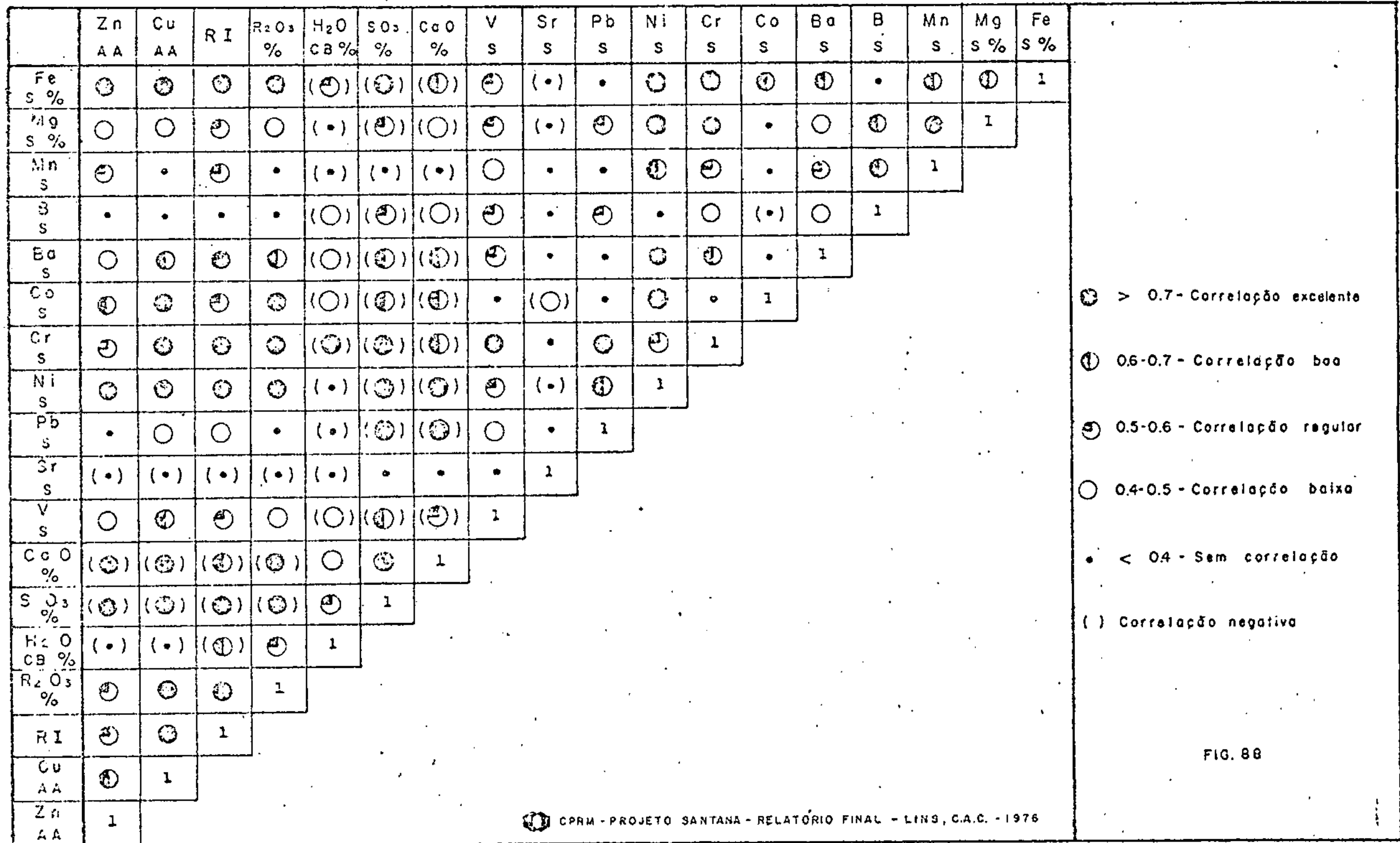


FIG. 88

PROJETO SANTANA SUREG-RE
SUMÁRIO ESTATÍSTICO-CONGLOMERADO CALCÁRIO E MARGA BETUMINOSA
DA ZONA MINERALIZADA

ELEMENTO	GM ppm	GD	CV	N: 14 G. DET.	TEOR MÍNIMO ppm	TEOR MÁXIMO ppm	95% NIV. SUP. ppm	
Fe - S %	5,41	2,19	0,92	14	1,0	15	26	
Mg - S %	1,39	2,15	0,89	14	0,7	10	6,4	GM = Médio Geométrico (1)
Ca - S %	22	2,21	0,94	4	1,5	30	22,2	GD = Desvio Geométrico
Ti - S %	0,09	2,39	1,07	14	0,02	1	0,5	CV = Coeficiente de variação
Mn - S	6004	2,1	0,83	2	500	7500	25530	N = Número de amostras
B - S	12	2,2	0,95	11	5	100	60	G. DET = Grau de detecção
Ba - S	181	2,2	0,89	14	70	700	840	NIV. SUP. = Nível Superior de significância
Cu - S	16	2,2	0,96	14	5	70	80	S = Espectrografia de emissão
Cr - S	29	2,2	0,9	13	5	100	136	A.A. = Absorção Atômica
Cu - S	78	2	0,73	14	30	200	285	
La - S	36	1,7	0,58	14	20	100	107	
Mn - S	47	2,4	1,1	13	15	200	277	
Ni - S	37	2,3	1,0	14	10	300	197	
Pb - S	1274	6,2	5,2	13	30	30000	48668	
Sr - S	436	1,9	0,7	14	100	1000	1545	
V - S	262	3	1,5	14	30	1000	2295	
Y - S	39	2,4	1,0	13	5	150	216	
Zn - S	775	3,47	1,9	12	100	5000	9360	
Cu - A.A.	68	2	0,71	14	25	250	240	
Pb - A.A.	1134	2,47	-	(1)	30	21100	6918	
Zn - A.A.	897	1,46	-	(1)	50	7000	1912	

Cbs: Os valores são expressos em ppm, exceto aqueles assinalados em porcentagem (%).

(1) Foram considerados 22 valores (14 do Projeto Santana) e 8 resultados de trabalhos anteriores. (Farina, M., 1975)

Fig. 89

PROJETO SANTANA SUREG-RE
 GRÁFICO DE CORRELAÇÕES - LITOGEOQUÍMICA
 ARQUIVO CONGLOMERADO CALCÁRIO E MARGA BETUMINOSA
 DA ZONA MINERALIZADA

	Zn AA	Pb AA	Cu AA	V S	Sr S	Ni S	Mo S	Cr S	Co S	Ba S	B S	Ti S %	Mg S %	Fe S %
Fe S %	(○)	•	(•)	•	•	○	⊕	•	⊕	•	(•)	•	•	1
Mg S %	(•)	•	(○)	(○)	(⊕)	(•)	(•)	(•)	(•)	(○)	(•)	(•)	1	
Ti S %	(⊕)	(⊕)	•	•	(•)	○	○	⊕	•	⊕	⊕	1		
B S	—	(⊕)	•	(•)	(⊕)	•	•	⊕	(•)	⊕	1			
Ba S	(⊕)	•	•	○	•	○	•	⊕	•	1				
Co S	(⊕)	(•)	•	•	(•)	⊕	⊕	•	1					
Cr S	(⊕)	(○)	(•)	○	(•)	⊕	•	1						
Mo S	(⊕)	○	(•)	⊕	•	•	1							
Ni S	⊕	⊕	•	⊕	(•)	1								
Sr S	⊕	○	(•)	⊕	1									
V S	(•)	•	(•)	1										
Cu AA	•	(•)	1											
Pb AA	⊕	1												
Zn AA	1													

⊕ > 0.7 - Correlação excelente

⊕ 0.5-0.7 - Correlação boa

⊕ 0.5-0.6 - Correlação regular

○ 0.4-0.5 - Correlação baixa

• < 0.4 - Sem correlação

() Correlação negativa

FIG. 90

ção existente é exclusivamente de chumbo e zinco.

- boa correlação do chumbo e zinco com o estrôncio e alta correlação negativa entre a mesma associação e o bário. Esta observação pode evidenciar uma preferência da mineralização de chumbo e zinco com o estrôncio e uma conseqüente não correlação com o bário.

- correlação de boa a regular entre o ferro e a associação Co/Ni/Mo, demonstrando uma ligação natural de elementos metálicos neste tipo de mineralização.

O cálcio não pode constar do gráfico de correlações devido ao pequeno número de valores definidos (quase todos acima do limite superior de detecção do espectrógrafo de emissão).

7.6.4 - Considerações Finais - Geoquímica de Rocha

Algumas considerações gerais podem ser obtidas a partir da análise dos diversos subarquivos. Para tanto, foram construídos três perfis (figs. 91, 92 e 93) onde estão plotados os teores médios dos diversos elementos nas diferentes litologias. A finalidade de tais perfis é dar uma visão da distribuição espacial dos elementos e sua relação com os aspectos faciológicos da estratigrafia regional.

Com base na análise dos referidos perfis pode-se deduzir as seguintes considerações de caráter geral:

- O elemento molibdênio apresenta-se com valores elevados em todos subarquivos, em comparação com os padrões utilizados como modelo (Hawkes-Webb e Turekian-Wedepohl). Seus teores aumentam dos horizontes clásticos médios (arenitos) pa

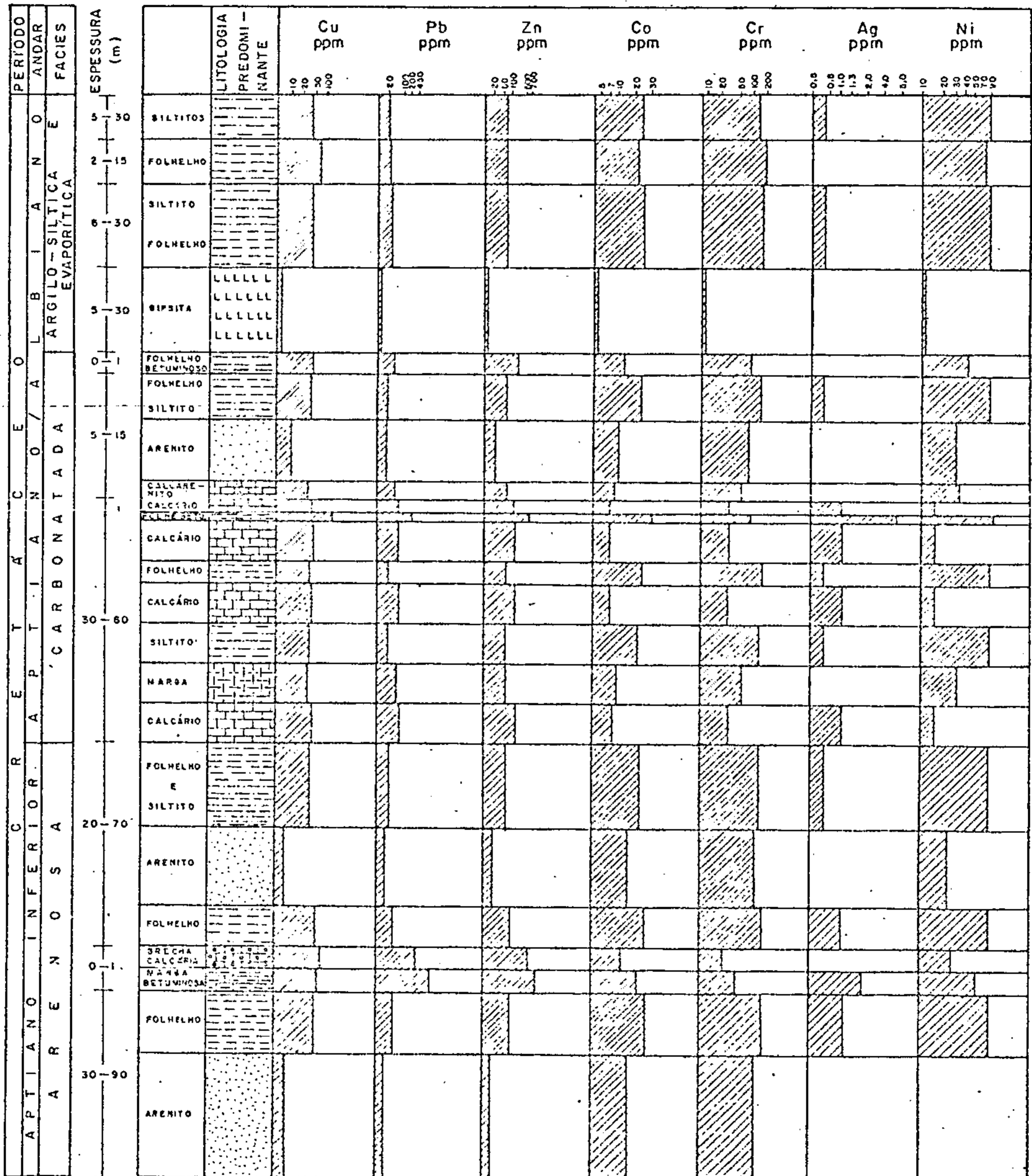
PROJETO SANTANA SUREG-RE

CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DAS UNIDADES LITOLÓGICAS DA ÁREA MAPEADA

PERÍODO ANDAR FACIES	ESPESSURA (m)	LITOLOGIA PREDOMINANTE	Fe %		Mg %		Co %		Ti %		Mn ppm		Mo ppm		V ppm			
			0,2	0,4	0,02	0,04	0,1	0,2	0,4	1,0	2,0	4,0	10	1	5	10	20	
			1,0	2,0	0,1	0,2	0,4	1,0	2,0	4,0	10	20	40	100	200	400	1000	
C R E T Á C E O / A L B I A N O ARGILO-SILTÍTICA EVAPORÍTICA	5-30	SILTITOS	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal		
	2-15	FOLHELHO	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal		
	6-30	SILTITO	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	
		FOLHELHO	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	
	5-30	GIPSITA	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	
			Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	
			Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	
	0-1	FOLHELHO BETUMINOSO	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	
	C A R B O N A T A D A	5-15	FOLHELHO	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal
		SILTITO	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal
		ARENITO	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal
			Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal
		0-1	CALCARENITO	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal
		0-1	CALCÁRIO	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal
		30-60	FOLHELHO	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal
CALCÁRIO			Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal
SILTITO			Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal
20-70		MARBA	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal
	CALCÁRIO	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	
	FOLHELHO E SILTITO	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	
	ARENITO	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	
	FOLHELHO	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	
	0-1	BRECHA CALCÁREA VARSA GETUNHOSA	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	
30-90	FOLHELHO	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	
	ARENITO	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	

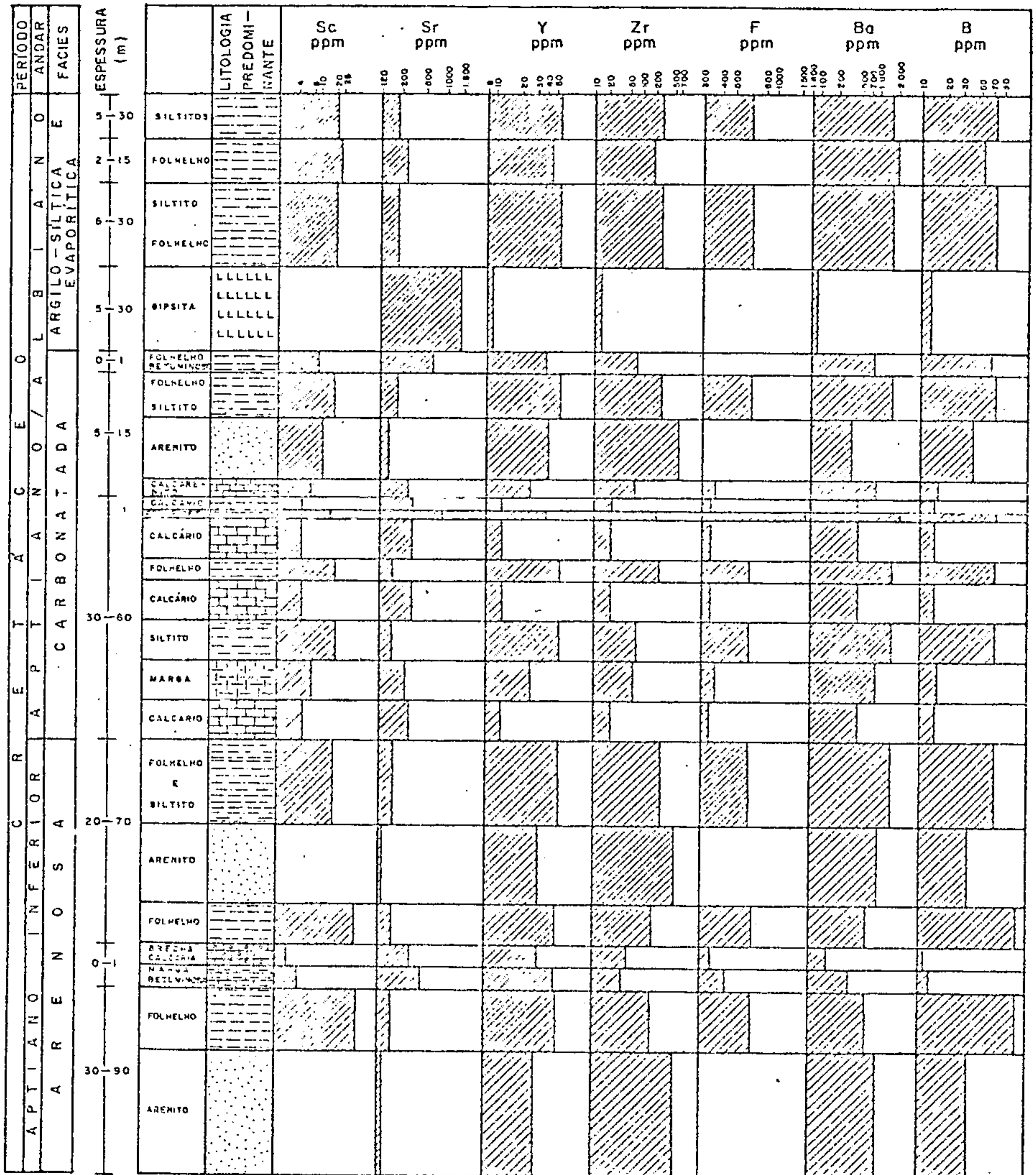
PROJETO SANTANA SUREG-RE

CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DAS UNIDADES LITOLÓGICAS DA ÁREA MAPEADA



PROJETO SANTANA SUREG-RE

CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DAS UNIDADES LITOLÓGICAS DA ÁREA MAPEADA



ra os horizontes mais finos e com matéria orgânica (folhelhos e margas betuminosas). Nos calcários, calcarenitos e margas (sedimentos de origem química ou mista) ele alcança uma média relativamente elevada em relação aos padrões.

O comportamento do molibdênio reflete uma característica peculiar ao tipo de sedimentação local. Wedepohl (in Nicolini op.cit.) admite a possibilidade do molibdênio precipitar sob a forma de sulfeto pela formação de H_2S , com a influência de ações biológicas (decomposição ou redução bacteriana).

- O bário, à semelhança do molibdênio, apresenta um teor bem mais elevado que o normalmente esperado, variando dos sedimentos químicos, ou com constituintes orgânicos onde o teor é mais baixo, até os sedimentos clásticos onde o teor é mais elevado. Seu conteúdo elevado, acima dos padrões comparativos, caracteriza o tipo de sedimentação local. Ressalte-se ainda a presença de concentrações de barita na facies superior argilo-siltica e evaporítica.

- O estrôncio aumenta seu conteúdo dos horizontes clásticos (arenitos, siltitos e folhelhos) para os químicos e orgânicos (calcários e folhelhos betuminosos). Apresenta a média mais elevada (1791 ppm) na gipsita, sem correlação com qualquer outro elemento. Na base da gipsita aparecem ocorrências de celestita em algumas localidades.

- O níquel, cobalto, cromo e escândio apresentam uma distribuição similar por todo o perfil, geralmente associados com o ferro e manganês.

- O cálcio e o magnésio, refletem de uma maneira geral, os sedimentos carbonatados.

- O ítrio, zircônio e o titânio estão associados aos sedimentos clásticos (arenitos, siltitos e folhelhos).

- O vanádio principalmente e subordinadamente o cobre retratam bem os sedimentos betuminosos, porém sem nenhuma ligação com a mineralização de chumbo-zinco.

- O flúor concentra-se principalmente nos clásticos finos (siltitos e folhelhos), com grandes contrastes com os sedimentos químicos e orgânicos, os quais têm valores mais baixos.

- O boro liga-se à semelhança do flúor, com os clásticos finos, diminuindo em teor quando aumenta a participação de sedimentos químicos e orgânicos.

- O chumbo e o zinco aparecem com mineralização visível apenas no horizonte de conglomerado calcário e marga betuminosa, intercalado na facies arenosa. O comportamento desses dois elementos nas unidades litológicas não mineralizadas é normal, sempre obedecendo aos teores médios esperados, e apresentam uma correlação regular a boa com o cobre. Apenas nos horizontes de folhelhos e calcários laminados, existe uma não correlação entre os três elementos.

O comportamento geoquímico do chumbo e zinco da zona mineralizada da área do Projeto Santana mostra similaridade com o rico jazimento do Kupferschiefer da Alemanha. Segundo Samama (op.cit.) nesta jazida existe alta correlação entre o chumbo e o zinco e uma não correlação destes dois elementos com o cobre, evidenciando uma diferenciação na solubilidade daqueles elementos e conseqüentemente na sua precipitação.

8 - CONCLUSÕES

Os trabalhos desenvolvidos pelo Projeto Santana proporcionaram uma caracterização mais precisa da sequência sedimentar mapeada, especialmente no que concerne a definição, posicionamento, variação e empilhamento dos diversos termos litológicos, além de dados mais seguros sobre as idades dos sedimentos. A localização nos mapas geológicos de nove ocorrências de galena e o seu estudo, pormenorizado em superfície permitiram a delimitação de uma extensa faixa prospectiva para sulfetos de chumbo e zinco a partir da definição dos diversos condicionamentos da mineralização.

A unidade inferior da Formação Missão Velha é constituída de arenitos avermelhados, médios a grosseiros, por vezes conglomeráticos, de postura horizontalizada, friáveis, com estratificação cruzada de caráter fluvial, com raros níveis subordinados de siltitos e folhelhos ou argilitos. Tem distribuição restrita à parte leste da área, espessura superior a 100 metros, e se constitui no principal aquífero de toda a sequência. Alguns níveis argilosos formam importantes jazidas que são lavradas para o suprimento das cerâmicas da região.

Segue-se para o topo a facies arenosa que é composta de arenito amarelo a avermelhado, fino a médio, localmente grosseiro, friável com estratificação cruzada fluvial a flúvio-lacustre, e plano-paralela. Eventualmente apresenta leitões ferruginosos e "bolas" de calcarenito muito duro, que atingem até 1 metro de diâmetro. Contém nume

rosas intercalações de siltito, folhelho cinza a avermelhado e com menor frequência leitões de calcarenito. A unidade tem espessura máxima de 140 metros e seu contato inferior é transicional enquanto que o superior é sempre com sedimentos carbonatados da facies sobreposta, pertencente a Formação Santana. Alguns depósitos argilosos desta unidade são apropriados para cerâmica vermelha. A unidade encerra a extensa zona mineralizada em chumbo e zinco a qual será abordada noutros parágrafos. A distribuição dessa facies também é limitada à parte leste da área.

Sobre a facies arenosa jaz concordantemente a facies carbonatada da Formação Santana que é formada por uma sequência de calcário creme, laminado, muito duro, com numerosas intercalações de folhelho cinza, algo calcífero, siltito mais ou menos laminado e calcífero, marga e calcarenito. A melhor representação da facies ocorre na parte oriental da área, onde apresenta espessura máxima de 75 metros, mas em alguns setores a oeste sua presença foi marcada, embora com espessura reduzida. No topo desta facies as vezes se encontra uma camada de folhelho betuminoso com espessura da ordem de 1 metro. A principal importância econômica da facies reside nos extensos depósitos de calcário de qualidade adequada para a indústria cimenteira. Outro mineral econômico identificado no topo desta facies foi a celestita, tendo sido descobertas três ocorrências distintas.

A facies argilo-síltica e evaporítica do topo da Formação Santana tem larga distribuição, ocorrendo por toda área mapeada. Trata-se de uma sequência variada que se inicia por uma camada de gipsita a qual segue folhelhos

e siltitos com níveis subordinados de margas e arenitos. Esta facies é a mais fossilífera de todas as demais e nela ocorre um horizonte de folhelho cinza com grande quantidade de concreções calcárias encerrando ictiólitos muito bem preservados. A espessura estimada dessa facies varia de 30-90 metros, e seu contato superior é sempre encoberto por depósitos de talus resultantes da erosão da escarpa da chapada do Araripe. A gipsita constitui o mais importante recurso mineral de toda a área, comportando numerosas minas, responsáveis pela quase totalidade da produção nacional.

A sequência sedimentar culmina com a deposição de um espesso pacote de arenito que representa a Formação Exu. Esta unidade forma uma extensa mesa, sensivelmente horizontal, delimitada por escarpas verticais, com desníveis de mais de 100 metros. O arenito é amarelo-avermelhado, médio a grosseiro, friável, poroso e permeável, em parte silicificado ou caulínico, e com estratificação cruzada de vários metros.

A identificação dos numerosos elementos paleontológicos e suas associações permitiram a datação da facies arenosa no Aptiano Inferior e situando as facies carbonatada e argilo-siltica e evaporítica no Aptiano/Albiano. O estudo comparativo da rica fauna e flora fósseis com as características litológicas das diversas facies trouxeram subsídios determinantes para o estabelecimento dos ambientes de sedimentação. Para a unidade inferior da Formação Missão Velha foi atribuída um ambiente fluvial com base na litologia e principalmente na estratificação cruzada típica daquele ambiente. Pelas mesmas razões apresentadas ante

riormente, a facies arenosa foi depositada em ambiente fluvial a flúviolacustre, havendo também uma episódica incursão marinha, durante a qual se procedeu a sedimentação das camadas mineralizadas. O evento marinho é evidenciado pela presença de fósseis provavelmente marinhos associados a elementos de água doce. A abundância de matéria orgânica e de rochas cinza escuras a negras na zona mineralizada sugerem um meio fortemente redutor e sapropélico. Os sedimentos acentuadamente laminados, químicos e pelíticos, que caracterizam a facies carbonatada, aliados a presença de fósseis marinhos e de água doce, traduzem um ambiente aquoso de baixa energia, provavelmente do tipo lacustre-lagunar. a presença de uma camada de gipsita com até 30 metros de espessura e de um rico acervo de fósseis marinhos atestam a influência do mar à época da deposição da facies argilo-síltica e evaporítica desde a sua parte basal até o horizonte de ictiólitos. Tais sedimentos foram depositados em ambiente lagunar de águas calmas onde reinava um clima árido. Os sedimentos clásticos finos sobrejacentes desta facies marcam o retorno gradativo às condições flúvio-lacustres até o estabelecimento definitivo de ambiente fluvial, caracterizado pela deposição de espesso pacote de arenito pertencente a Formação Exu, completando assim o ciclo sedimentar do Araripe.

A zona mineralizada corresponde a uma micro-sequência carbonatada-orgânica-argilosa, constituída por um conglomerado calcário creme com leitos betuminosos e por uma marga betuminosa sotoposta inclusos numa camada de folhelho cinza, cujo conjunto está intercalado em espesso pacote de arenito, pertencente a facies arenosa. O conglomerado tem aspecto brechóide e os seixos calcários microcrista-

linos são cimentados por uma massa de calcário micrítico e leitos irregulares, deformados, de material betuminoso. A marga é cinza escura, muito fossilífera, apresentando leit^{os} e olhos ou concreções calcárias alternadas com leit^{os} betuminosos. Na base sempre ocorre uma concentração de pi^{sólitos} calcários com diâmetro médio da ordem de 1 centí^{metro}.

A zona mineralizada, com espessura média de 0,7 metro, ocorre apenas no Estado do Ceará, na extremidade nor^{deste} e leste da área mapeada, estendendo-se por cerca de 95 quilômetros lineares, acompanhando a faixa de afloramen^{to} da facies arenosa. A mineralização principal é de gale^{na} e esfalerita, mas ocorrem ainda pirita, marcassita e calcopirita. Os diversos condicionamentos litológicos, es^{tratigráficos}, geoquímicos, sedimentológicos e outros defi^{nem} o depósito como sedimentar estratiforme e singenético.

A maioria das ocorrências sulfetadas posicio^{nam-se} na parte norte da chapada do Araripe, porém, foi descoberta uma ocorrência na parte sul da mesma o que evi^{dencia} a continuidade da zona mineralizada por baixo da chapada. Reforça esta interpretação o fato de que os ní^{veis} carbonosos ou betuminosos que ocorrem nas bacias sedi^{mentares} de um modo geral apresentam grande continuidade, apesar de sua pequena espessura. Como exemplos bem conheci^{dos} podem ser citados o Kupferschiefer na Alemanha com uma camada betuminosa de apenas 0,5 metro e várias centenas de quilômetros de extensão; na bacia do Recôncavo existe uma camada de folhelho preto carbonoso, com cerca de 1 metro de espessura e que serve como horizonte guia em virtude de sua grande área de ocorrência.

Na área existem pelo menos mais dois níveis mineralizados sobrepostos ao nível basal acima referido e com características litológicas semelhantes, donde se deduz que desde o primeiro episódio redutor que corresponde ao primeiro leito mineralizado até a base da facies carbonatada, a facies arenosa é prospectiva para sulfetos, compreendendo um pacote com espessura variando de 50 - 85 metros.

Parece que a litologia particular da zona mineralizada constituída por uma associação de sedimentos carbonáticos, orgânicos e pelíticos, depositados em ambiente misto foi a condição determinante para a formação de sulfetos metálicos. Na facies carbonatada existem dois níveis de folhelho betuminoso, desprovidos de leitos carbonáticos e de sulfetos metálicos, a não ser raras pintas de pirita.

Com base nos dados disponíveis até o presente, deduz-se que a mineralização de chumbo e zinco ocorre de modo disseminado e irregular tanto no conglomerado como na margem. Os teores máximos da zona mineralizada acusaram 2,11% de chumbo e 0,7% de zinco, mas os teores médios obtidos entre 22 amostras coletadas aleatoriamente foram muito baixos, 0,113% Pb e 0,089% Zn. Contudo, tais valores médios não são representativos de todo o corpo mineralizado, posto que não foi realizada uma amostragem sistemática de canal, nem tampouco de testemunho de sondagem. Considerando-se a grande extensão horizontal da zona mineralizada, pressupõe-se existir concentrações metálicas econômicas em locais não aflorantes, ainda carentes de investigação.

9 - RECOMENDAÇÕES



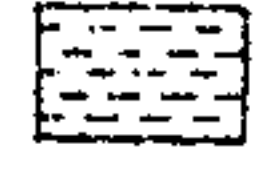



Com base no mapeamento geológico realizado e no estudo detalhado de superfície das nove ocorrências de galena e esfalerita foi selecionada uma área com aproximadamente 2.460 km^2 para a realização dos trabalhos necessários ao conhecimento da extensão da zona mineralizada em profundidade. A área em apreço tem forma poligonal, cujos vértices possuem as seguintes coordenadas geográficas:

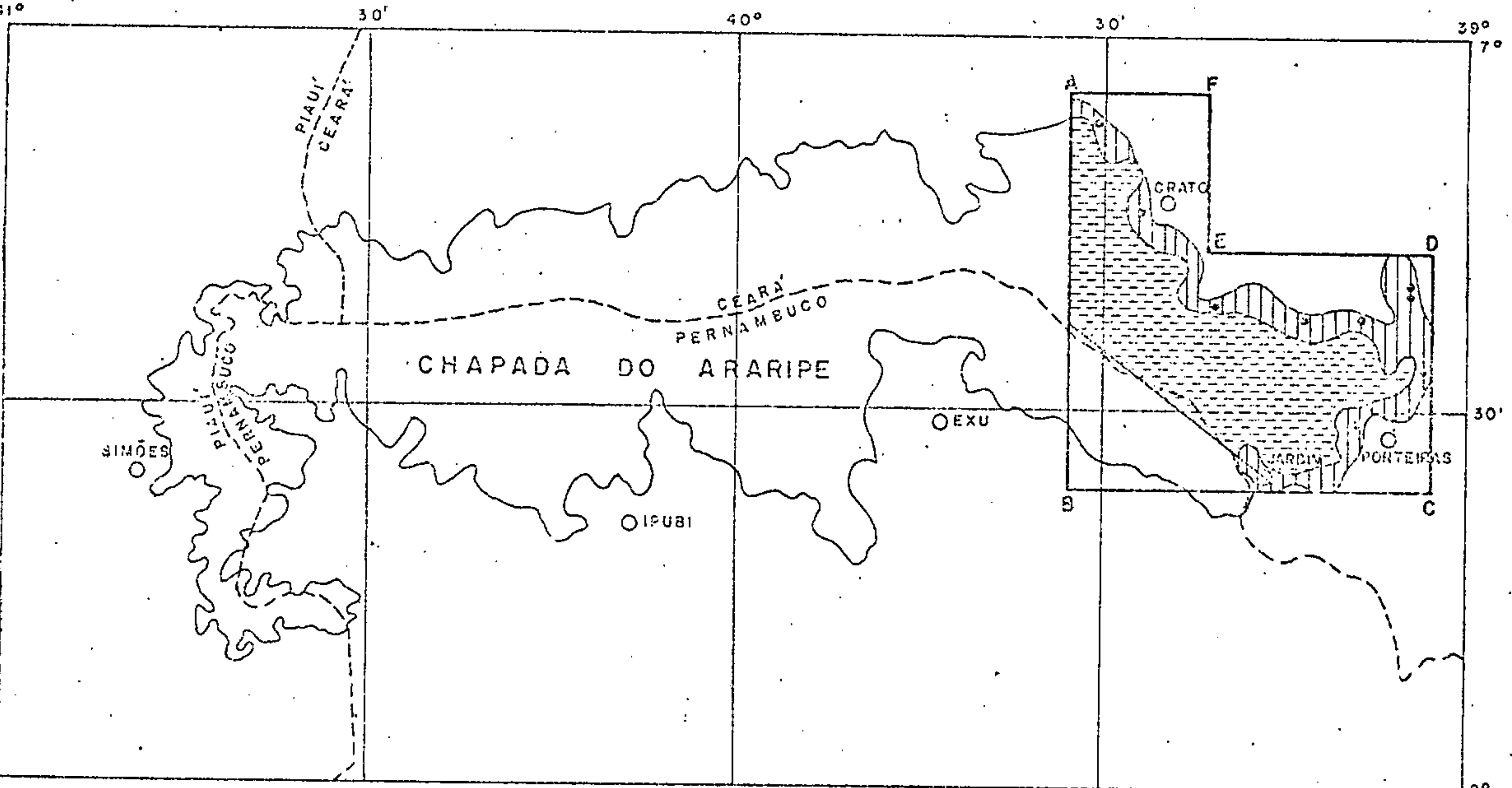
A - $39^{\circ}33'00''$ long. oeste e $7^{\circ}13'00''$ lat. sul, B - $39^{\circ}33'00''$ long. oeste e $7^{\circ}37'00''$ lat. sul, C - $39^{\circ}03'00''$ long. oeste e $7^{\circ}37'00''$ lat. sul, D - $39^{\circ}03'00''$ de long. oeste e $7^{\circ}25'00''$ lat. sul, E - $39^{\circ}22'00''$ long. oeste e $7^{\circ}25'00''$ lat. sul, F - $39^{\circ}22'00''$ long. oeste e $7^{\circ}13'00''$ lat. sul (vide fig. 94).

Sugere-se que na etapa II do Projeto Santana sejam executados trabalhos geofísicos e de sondagem a diamante numa área efetiva da ordem de 1.450 km^2 , totalmente inclusa naquela acima referida. A área efetiva tem contorno irregular de vez que a norte e a leste é delimitada pelo contato inferior da zona mineralizada e a oeste e a sul por duas retas que se interceptam sobre a chapada do Araripe (vide fig. 94). Para efeito do desdobramento da pesquisa, esta área foi dividida em duas partes; a primeira, considerada mais importante por estar próxima da linha de afloramento da zona mineralizada, corresponde a uma faixa com largura média da ordem de 4 quilômetros, estendendo-se desde o contato inferior da zona mineralizada até o sopé da escarpa da chapada; o comprimento dessa sub-área é de 95 quilômetros, correspondendo a distância linear entre as

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA SUGERIDA PARA PESQUISA NA ETAPA II.

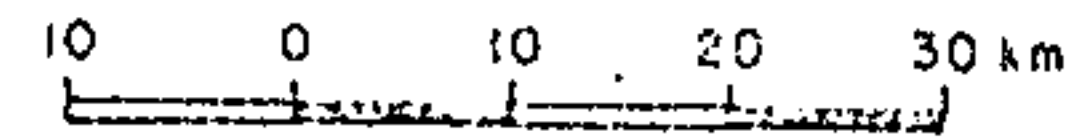
LEGENDA

-  ÁREA SUGERIDA PARA PESQUISA DURANTE A ETAPA II
-  ÁREA PRINCIPAL A SER PESQUISADA COM SONDAgens RASAS
-  ÁREA A SER PESQUISADA COM SONDAgens PROFUNDAS
-  OCORRÊNCIA DE SULFETOS METÁLICOS
-  CIDADE
-  LIMITE INTERESTADUAL



MAPA BASE: CARTA DO BRASIL
40 MILIONÉSIMO-DNPM-1974

PROJETO SANTANA




SUREG-RE
1976

FIG. 94

duas ocorrências extremas de sulfetos metálicos, ou seja, a linha provável de afloramento interligando todas as ocorrências. Nessa área, os serviços geofísicos e de sondagem a diamante são rasos, atingindo até cerca de 100 metros de profundidade. A segunda parte corresponde a área prospectiva sobre a chapada, onde os furos serão profundos, devendo alcançar até cerca de 500 metros de profundidade.

Após exame detalhado da área em apreço, do ponto de vista litológico, topográfico e dos diversos parâmetros da zona mineralizada, o geofísico Rui Bacelar de Oliveira, da DIGEOF, conclui que os métodos de eletroresistividade e Turam, aplicados conjuntamente, parecem bem adaptados para alcançar os objetivos desejados, desde que seja solucionado o problema do relevo topográfico. Segundo aquele especialista, se o relevo é bastante acentuado a aplicação de qualquer método geofísico torna-se difícil e em alguns casos impraticável. Entretanto, existem na área, abaixo da chapada, locais de relevo relativamente suave onde é possível realizar um bom número de sondagens elétricas.

A aplicação de métodos elétricos exige, como é óbvio, a existência de diferenciação ou contraste suficiente entre as resistividades do objetivo e do meio encaixante. O corpo mineralizado apresenta-se sensivelmente horizontal e apesar da provável diferença de resistividade entre o mesmo e as rochas encaixantes, sua espessura é pequena em relação a profundidade, quando se considera os locais mais afastados da linha de afloramento do referido corpo.

O nível mineralizado poderia ser prospectado diretamente através de eletroresistividade, pela sua asso-

ciação com o pacote arenito-folhelho-arenito, permitindo o rientar as perfurações subsequentes nos alvos mais favoráveis.

O alto poder resolutivo do método Turam faz com que o mesmo seja eminentemente aplicável para prospecção de depósitos minerais situados a grandes profundidades. Por outro lado, o referido método pode ser usado para localizar depósitos minerais de fraca condutividade, como também para delinear formações ou horizontes de fraca condutividade.

A experiência adquirida em muitos países na aplicação do método Turam para localização de corpos mineralizados em sulfetos metálicos a grandes profundidades, tendo sido detectados corpos a mais de 180 metros, demonstra que a sua utilização na área em apreço poderá fornecer valiosas informações. Uma das principais vantagens do Turam é que no campo o procedimento é simples e não requer pessoal especializado para operação do equipamento.

Da aplicação combinada dos métodos de eletroresistividade e Turam espera-se obter um mapa de contorno mostrando a localização exata dos condutores detectados, a profundidade e dimensões destes condutores e a sua classificação com relação a condutividade dos mesmos. Ainda serão confeccionados mapa com perfis das componentes "Field Ratio" e "Phase Diff" em 660 c/s e 220 c/s que definiriam o eixo elétrico dos condutores; um conjunto de curvas de sondagem elétrica que definiria uma série de seções geológicas com diferentes espessuras e resistividades. A integração de todos os dados geológicos e geofísicos poderão for-

necer várias informações sobre o comportamento da zona mineralizada em profundidade, tais como sua espessura provável, sua classificação em termos de condutividade, idéia de maior ou menor concentração de sulfetos, sua provável extensão horizontal e vertical.

Com base nos dados coligidos e interpretados da geosífica com o auxílio do computador, propõe-se a execução de 7.000 metros de sondagem a diamante, através de 50 furos distribuidos ao longo da faixa mineralizada. Para facilitar o trabalho geofísico é desejável a execução de três furos pioneiros, sendo um sobre a chapada e dois a baixo dela.

Deverão ser efetuados 44 furos abaixo da chapada e 6 furos sobre ela, todos com diâmetro final BX. Os furos na parte baixa da chapada terão a seguinte distribuição: 30 furos na quadrícula de Crato, 4 furos na de Santa na do Cariri (folha de Santa Fé) e 10 furos na quadrícula de Jardim. Cada furo será totalmente testemunhado e terá uma profundidade variável de 30 - 100 metros. Os seis furos sobre a chapada são profundos, atingindo cerca de 500 metros cada e a recuperação de testemunho contínuo deverá ser efetuada apenas a partir da base da Formação Exu até o final de cada furo.

Para a locação dos furos no terreno, determinação das cotas e amarração das ocorrências mineralizadas, torna-se necessário um nivelamento por triangulação através de aparelho de longo alcance e de precisão (tipo DISTOMAT da Wild).

Todos os furos deverão ter perfilagem gama e elétrica (SP e resistividade) para correlação e interpretação da sequência litológica e da zona mineralizada. Também realizar-se-á a descrição detalhada dos testemunhos e elaboração de perfis litológicos e de correlação estratigráfica com distribuição dos teores dos elementos.

Amostragem de testemunho para análise espectrográfica semi-quantitativa de 30 elementos, análise por absorção atômica de chumbo e zinco e bioestratigráfica nas facies argilo-betuminosas, carbonatadas ou carbonosas, determinação de carbono orgânico. Análise química quantitativa dos principais elementos que tenham excedido o limite de detecção do aparelho.

Com este trabalho espera-se obter os resultados conclusivos sobre a viabilidade econômica das mineralizações de galena e esfalerita que ocorrem na bacia sedimentar do Araripe, além de um conhecimento mais profundo sobre a geologia, estratigrafia e outros recursos minerais.

As ocorrências de celestita localizadas no município de Santana do Cariri merecem ser melhor estudadas e para elas que estão posicionadas no contato superior da facies carbonatada, sugere-se um projeto específico com abertura de poços, trincheiras e furos de sonda, a fim de avaliar as possibilidades econômicas.

Pelo que se sabe, o Brasil não produz celestita e raras são as ocorrências desse mineral. No mercado mundial vislumbra-se um considerável acréscimo na demanda dessa matéria prima em virtude da sua relativamente nova utilização em tubos de televisor a cores.

10- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHRENS, L. H. - Origin and distribution of the elements. Austin, Pergamon Press, 1968. 1178 p. ilustr. (International Series of Monographs in Earth Sciences, v. 30).

ANDREWS - JONES, D. A. - The application of geochemical techniques to mineral exploration. Mineral Industries Bulletin, 2 (6): 1-31, nov/1968.

ANJOS, Nelson F. R. - Novos elementos sobre a hidrogeologia do Alto Jaguaribe. Ceará, Recife, SUDENE - Div. de Documentação, 1963. 19 p. ilustr. (Brasil. SUDENE. Série Hidrogeologia 1).

BARBOSA, Otávio et alii - Geologia econômica de parte da região do Médio São Francisco, Nordeste do Brasil. Rio de Janeiro, DNPM/DFPM, 1970. 97 p. (Boletim 140).

BAUCHAU, Christian - Essai de typologie quantitative des gisements de plomb et de zinc avec la repotition de l'argent. (Première Partie) Bulletin du B.R.G.M. 2^a série. Section II, 3: 1-72, 1971.

_____ - Essai de typologie quantitative des gisements de plomb et de zinc avec la repotition de l'argent. (Deuxième Partie) Bulletin du B.R.G.M. 2^a Série. Section II, 4:1 - 43, 1971.

BERNARD, A. J. - A review of processes leading to the formation of mineral deposits in sediments. In: INTERNATIONAL SEDIMENTOLOGICAL CONGRESS, 8^o, Heidelberg, 1971. Ores in sediments. New York, Springer Verlag, 1973. p.

1-6. (International Union of Geological Sciences, Series A, number 3).

BEURLEN, Karl - Geologia e estratigrafia da Chapada do Araripe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 17, Recife. Sociedade Brasileira de Geologia, 1963. 47 p.

_____ - Bacias sedimentares no bloco brasileiro. Estudos Sedimentológicos, Natal, 1 (2): 7-31, 1971.

_____ - As condições ecológicas e faciológicas da Formação Santana na Chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). An. Acad. Brasil. Ciênc., Rio de Janeiro, 43: 411 - 415, 1971. (Suplemento).

_____ - A Paleontologia na Geologia do Cretáceo do Nordeste do Brasil. An. Acad. Brasil. Ciênc., Rio de Janeiro, 43:89 - 101, 1971 c. (Suplemento).

BOGDANOV, Y. V. & KUTYREV, E. I.- Classification of stratified copper and lead-zinc deposits and the regularities of their distribution. In: INTERNATIONAL SEDIMENTOLOGICAL CONGRESS 8^o, Heidelberg, 1971. Ores in Sediments. New York, Springer Verlag, 1973. p. 59 - 63 (International Union of Geological Sciences, Series A, number 3).

BOLVIKEM, B. & SINDING-LARSEN, R. - Total error and other criteria in the interpretation of stream - sediment data. Geochemical Exploration, 285 - 295, 1972.

BRADSHAW, P. M. D. et alii - Orientation sampling and standardization of data collection and presentation.

Journal of Geochemical Exploration, 4(1): 201-205, mar.
/1975.

BRAUN, Oscar P. G. - Notas estratigráficas sobre a bacia do Araripe. Comunicação ao XXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Poços de Caldas, 1964. 8 p.

BRAUN, Oscar P. G. - Estratigrafia dos sedimentos da parte interior da Região Nordeste do Brasil. Rio de Janeiro, D.N.P.M./D.G.M., 1966. 75 p. (Boletim, 236).

BRITO, I. M. - As bacias sedimentares do nordeste do Brasil. Rio de Janeiro, Inst. Geoc./UFRJ, 1975. 107 p.

BRONGERSMA - SANDERS, Margaretha - On the geographical association of Strata-Bound ore deposits evaporites. Mineral. Deposita, Berlim, 3: 286-291, 1968.

CACHAU - HERREILLAT, F. - Prospecting for lead-zinc stratiform deposits. Colo. School Mines Quart., 64º: 95 -110, 1969.

CALDASSO, Alfeu L. S. - Geologia da quadrícula E-094, folha Crato. Recife, SUDENE - Div. de Documentação, 1967 35 p. (Brasil. SUDENE. Série Geologia Regional, 3).

_____ - Geologia da quadrícula E-093, folha Crato. Recife, SUDENE - Div. de Documentação, 1967 47 p. (Brasil. SUDENE. Série Geologia Regional, 4).

CASSEDANNE, Jacques P. - Índice de sulfures sedimentaires de Taboca, Municipe de Crato, État du Ceará, Brésil. Bull. Soc. Geol. de France, 7 (7): 177 - 186, 1965.

- CHAKRABARTI, Ananda K. - Geochemical exploration of the ore-bearing horizons at Zawar Mines, India, and its possible bearing on metallogenesis. Colo. School Mines Quant., 64: 117 - 138, 1969.
- COSTA, W. D. & ANJOS, N. F. R. - Gipsita no Estado de Pernambuco. Recife, Comissão de Desenvolvimento Econômico de Pernambuco, 1962. 56 p. ilustr.
- CRUZ, Waldemir B. - A gipsita do Araripe. Jornal do Clube Mineralogia, Recife, 2 (7-8-9): 102-105, 1962.
- CRUZ, Waldemir B. & FRANÇA, H. P. M. - Inventário hidrogeológico básico do Nordeste. Folha nº 14 - Jaguaribe-SO. Recife, SUDENE - Div. Documentação, 1971. 222 p. (Brasil. SUDENE. Série Hidrogeologia, 31).
- DANTAS, J. R. A. - Levantamento dos estudos geológicos no Nordeste. Recife, D.N.P.M. - 4º Distrito, 1971. 194 p. (Relatório, 1).
- DAVIS, J. C. - Statistics and data analysis in geology. New York, John Wiley & Sons, Inc, 1973. 550 p. ilustr.
- DUARTE, E. W. - Inquérito hidrogeológico do Cariri, Ceará. Recife, SUDENE, 1962. 32 p.
- FARINA, Mário - Sequência plumbífera do Araripe. Mineralização singenética sulfetada no Cretáceo sedimentar brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28. Porto Alegre, 1974. Anais do 28º Congresso Brasileiro de Geologia, 1974 (no prelo).

- FEITOSA, Edilton C. - Estudo geofísico da área de Casa de Pedra - Projeto gipsita - Chapada do Araripe, PE. Recife, SUDENE - Div. de Documentação, 1972. 25p.(inédito).
- FORTESCUE, John, A. C. - The use of landscape geochemistry to process exploration geochemical data. Journal of Geochemical Exploration, 4 (1): 3 - 13, mai/1975.
- GOLDSCHMIDT, V. M. - Geochemistry. London, Oxford University Press, 1970. 730 p. ilust.
- HAWKES, H. E. & WEBB, J. S. - Geochemistry in mineral exploration. New York, Harper & Rom, 1965. 415 ilust. (A Harper - International Student Reprint).
- HORSNAIL, R. F., NICHOL, I. and WEBB, J. S. - Influence of variations in secondary environment on the metal content of drainage sediments. Colo. School Mines Quart.64: 307 - 322, 1969.
- JENNE, E. A. - Controls on Mn, Fe, Co, Ni, Cu and Zn concentrations in soils and water: the significant role of hydrous Mn and Fe óxides. Amer. Chem. Soc., Advances in Chemistry Series, 73: 337 - 387, 1968.
- KESLER, S. E.; VAN LOON, J. C.; BATESON, J. H. - Analysis of fluoride in rocks and an application to exploration. Journal of Geochemical Exploration, 2: 11-17, 1973.
- KRAUSKOPF Konrad B. - Introdução à geoquímica. São Paulo, Polígono, 1972. 2 V ilust.
- KRUMBEIN, W. C. & SLOSS, L. L. - Stratigraphy and sedimen-

tigations of rocks. Annals of the New York Academy of Sciences, 199: 95-104, Jun/1972.

MORAES, J. F. S. de & CAMPOS, M. de - Projeto levantamento dos recursos minerais do Estado do Ceará. Programa mine-rais industriais. Governo do Estado do Ceará/CPRM. Rel. inédito, /s. ident./ . Recife, 1973. 2 v. ilustr.

MUNIS, Marcos B. - Quantificação dos depósitos de gipsita do Araripe (área Casa de Pedra - Ouricuri - Pernambuco). Recife, SUDENE - Div. de Documentação, 1972. 45 p. ilustr. (Brasil - SUDENE. Série Geologia Econômica, 9).

NICOLINI, Pierre - Gitologie des concentrations minérales stratiformes. Paris, Gauthier - Villars Editeur, 1970. 792 p. ilustr.

PÜTZER, V. H. - Kupferschiefer in Zambia und Mitteleuropa, ein paleogeographischer Vergleich. Geol. Jb. Hannover, 90: 415 - 430, 1972.

REZENDE, H. P. - Projeto IBACIP - Relatório Final de son-dagem - C.P.R.M. / I.B.A.C.I.P. Relatório inédito /s. identif./ . Recife, 1972. 110 p.

RICHARD, David T. - Limiting conditions for sedimentary sulfide formations. Econ. Geol. 68(5): 605-617, 1973.

ROSLER, H. J. & LANGE, H. - Geochemical tables. Amsterdam, Elsevier Publishing Ltd., 1974. 612 p. ilustr.

ROUTHIER, P. - Les gisements métallifères, géologie et principes de recherche. Paris, Masson et Cie. 1963. 2v .

SAMAMA, J. C. - Les types classiques de gisements liés aux strates: Kupferschiefer, Red Beds, Haute Silésie. In:

- CONFERENCES ET SEMINAIRES DE RECYCLAGE - Metalogenie.
Nancy, 1972. Nancy, Institut National Polytechnique ,
1972. p. III. 1 - III. 62.
- SANTOS, R. S. & VALENÇA, J. G. - A Formação Santana e sua paleoictiofauna. An. Acad. Brasil. Ciênc., Rio de Janeiro, 40 (30): 339 - 360, 1968.
- SILVA, Mariano D. - Geologia estratigráfica da Chapada do Araripe. Recife, UFPE, 1967, 29 p. (Série Científica Paleontologia, 2).
- VASCONCELLOS, Francisco M. - Relatório de pesquisa da jazida de gipsita e associados da localidade de Lagoa de Dentro, município de Araripina, Estado de Pernambuco. Recife, 1960. 7 p. (inédito).
- VEIGA, Plínio - Geologia da quadrícula Juazeiro do Norte (E-082), folha Crato. Recife, SUDENE - Div. de Documentação, 1966. 56 p. (Brasil. SUDENE. Série Geologia Regional, 1).
- _____ - Geologia da quadrícula Ouricuri, Região do Araripe, Pernambuco. Recife, SUDENE - Div. de Documentação, 1968. 62 p. (Brasil. SUDENE. Série Geologia Regional, 9).
- VINE, J. D. & TOURTELOT, E. B. - Geochemistry of Black Shale deposits - A summary report. Econ. Geol. 65: 253-272, 1970.
- WEDEPOHL, K. A. - Handbook of geochemistry. Heidelberg, Springer-Verlag, 1970. v. 2 ilustr.



WILLEY, E. C. - Galena in mesozoic sedimentary rocks of
South Wales. Econ. Geol., 65: 40 - 46, 1970.



11 - DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



Foto 1 - Estratificação cruzada complexa em cunha, nos arenitos amarelados pertencentes a Unidade Inferior da Formação Missão Velha. Riacho do Saco, mun. Barbalha, Ceará.



Foto 2 - Estratificação ondulada e truncada, em arenito pertencente a Facies Arenosa da Formação Missão Velha. Riacho da Areia, mun. de Crato, Ceará.



Foto 3 - Estratificação cruzada grande em cunha, nos arenitos da Facies Arenosa. Riacho do Saco, mun. Barbalha, Ceará.



Foto 4 - "Bolas" de calcarenito muito duro em arenito não calcífero da Facies Arenosa. Riacho Carrancudo, mun. Missão Velha, Ceará.



Foto 5 - Bancos de calcário laminado muito duro, com intercalações de folhelho cinza. Riacho Batoque, mun. Barbalha, Ceará.



Foto 6 - Calcário creme laminado com intercalações de folhelho cinza, formando cachoeira. Riacho Carancudo, mun. Missão Velha, Ceará.



Foto 7 - Veios anastomosados de gipsita branca fibrosa em gipsita cinza esverdeado. Sítio Romualdo, mun. Crato, Ceará.



Foto 8 - Gipsita esbranquiçada e cor de mel, com estratificação dobrada e deformada. Mina Buracão, mun. Araripina, Pernambuco,



Foto 9 - Estruturas sedimentares (dobras e fraturas) em folhelhos e siltitos que constituem o capeamento da gipsita na mina Sítio Barbosa, mun. Ipubi, Pernambuco.



Foto 10 - Camada de gipsita branca compacta, com 10 m de espessura. Notar contato superior irregular e capeamento constituído por folhelhos, siltitos e margas. Mina Pedra Branca II, mun. Santana do Cariri, Ceará.



Foto 11 - Arqueamento de grande amplitude em arenito da Formação Exu. Sítio Malhada Bonita, mun. de Simões, Piauí.



Foto 12 - Conglomerado calcário brechóide mineralizado em galena, sobreposto a marga negra betuminosa. Riacho Piedade, povoado de Gameleira, mun. Misão Velha, Ceará.



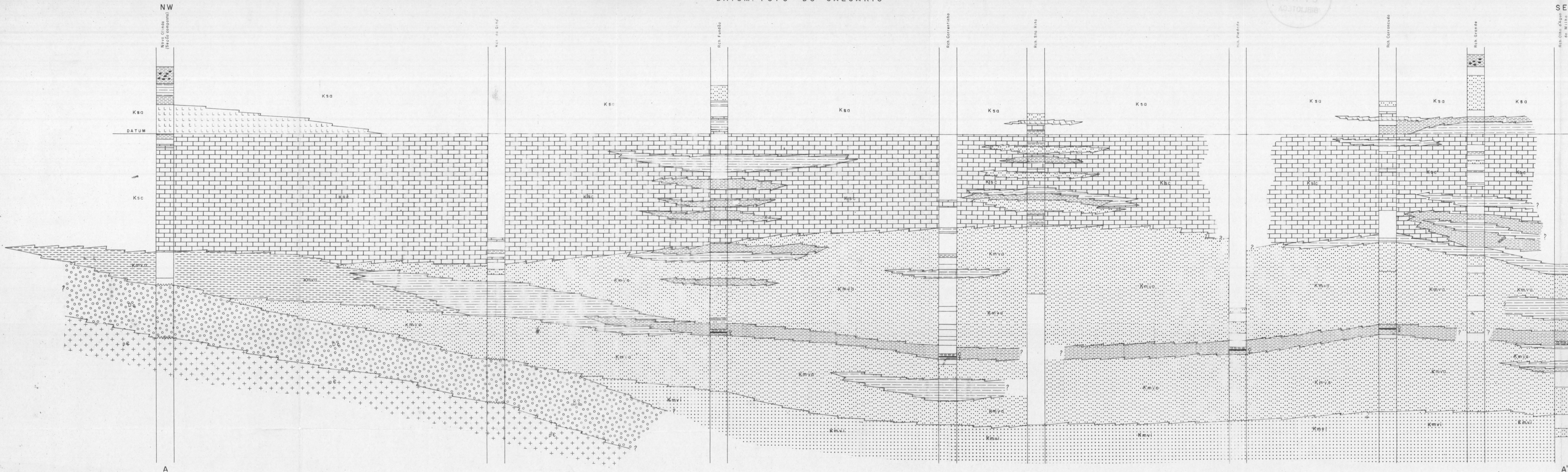
Foto 13 - Bloco de conglomerado calcário, com lâminas betuminosas envolvendo os seixos irregulares. Riacho do Saco, mun. Crato, Ceará.



Foto 14 - Conglomerado calcário com lâminas betuminosas no topo e marga negra betuminosa na base, ambos mineralizados em galena. Sítio Fundação, mun. Crato, Ceará.

PERFIL DE CORRELAÇÃO ESTRATIGRÁFICA A A'

DATUM: TOPO DO CALCÁRIO



CPRM
SUREG-RE
PROJETO SANTANA
1976

CONVENÇÕES

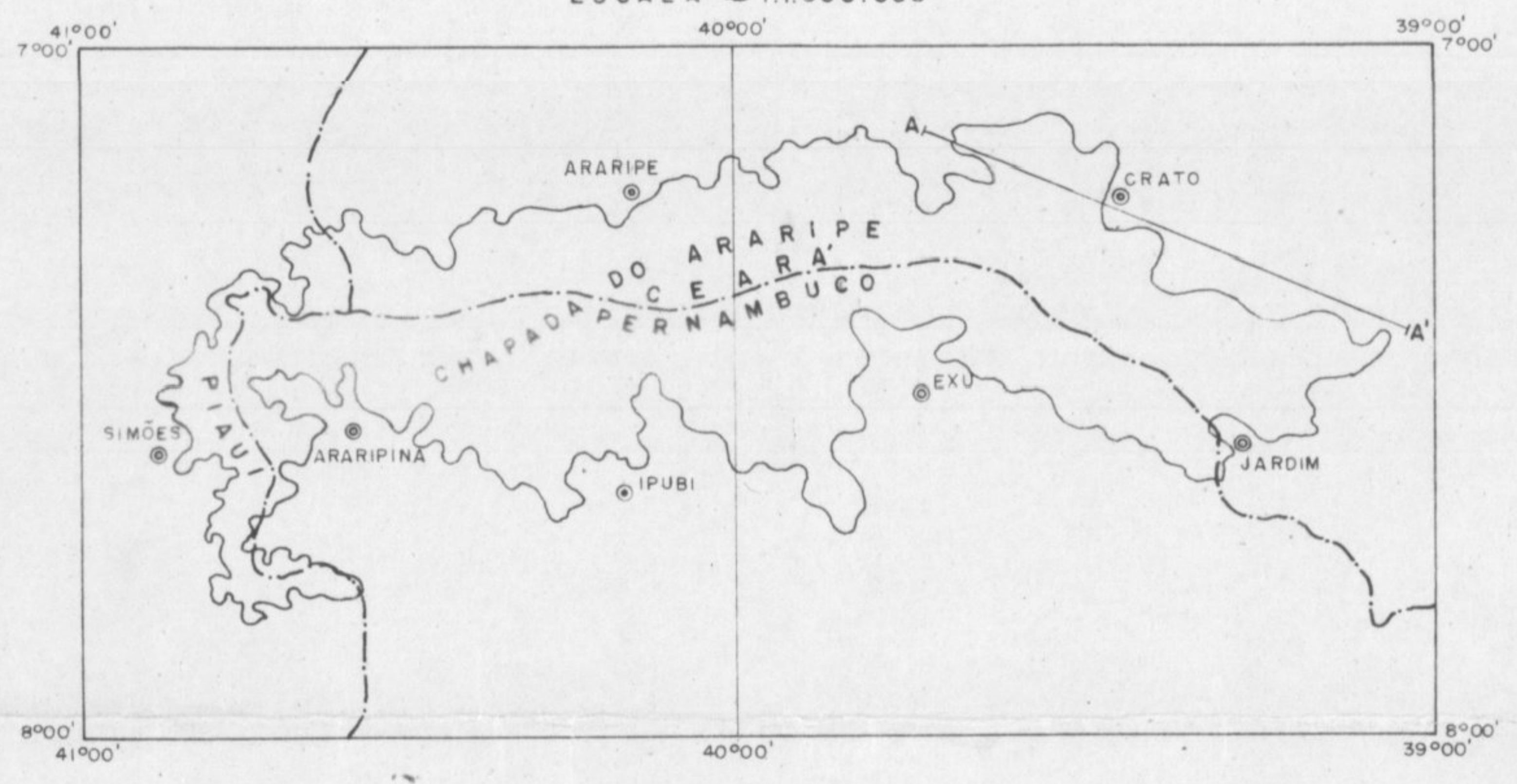
- Ksa FORMAÇÃO SANTANA: FACIES ARGILO-SÍLTICA E EVAPORÍTICA
- Ksc FORMAÇÃO SANTANA: FACIES CARBONATADA
- Kmva FORMAÇÃO MISSÃO VELHA: FACIES ARENOSA
- Kmvi FORMAÇÃO MISSÃO VELHA: UNIDADE INFERIOR
- Dc FORMAÇÃO CARIRI
- pC EMBASAMENTO CRISTALINO



1-CALCÁRIO LAMINADO, 2-FOLHELHO C/CONCREÇÕES CALCÁRIAS, 3-GIPSITA, 4-SILTITO, 5-ARENITO MÉDIO A FINO, 6-MARGA BETUMINOSA C/SULFETOS, 7-FOLHELHO, 8-CONGLOMERADO CALCÁRIO, 9-ZONA MINERALIZADA EM Pb e Zn, 10-ARENITO MÉDIO A GROSSEIRO, 11-VARIAÇÃO DE FACIES, 12-ARENITO CONGLOMERÁTICO, 13-DISCORDÂNCIA, 14-EMBASAMENTO CRISTALINO

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

ESCALA = 1:1.500.000

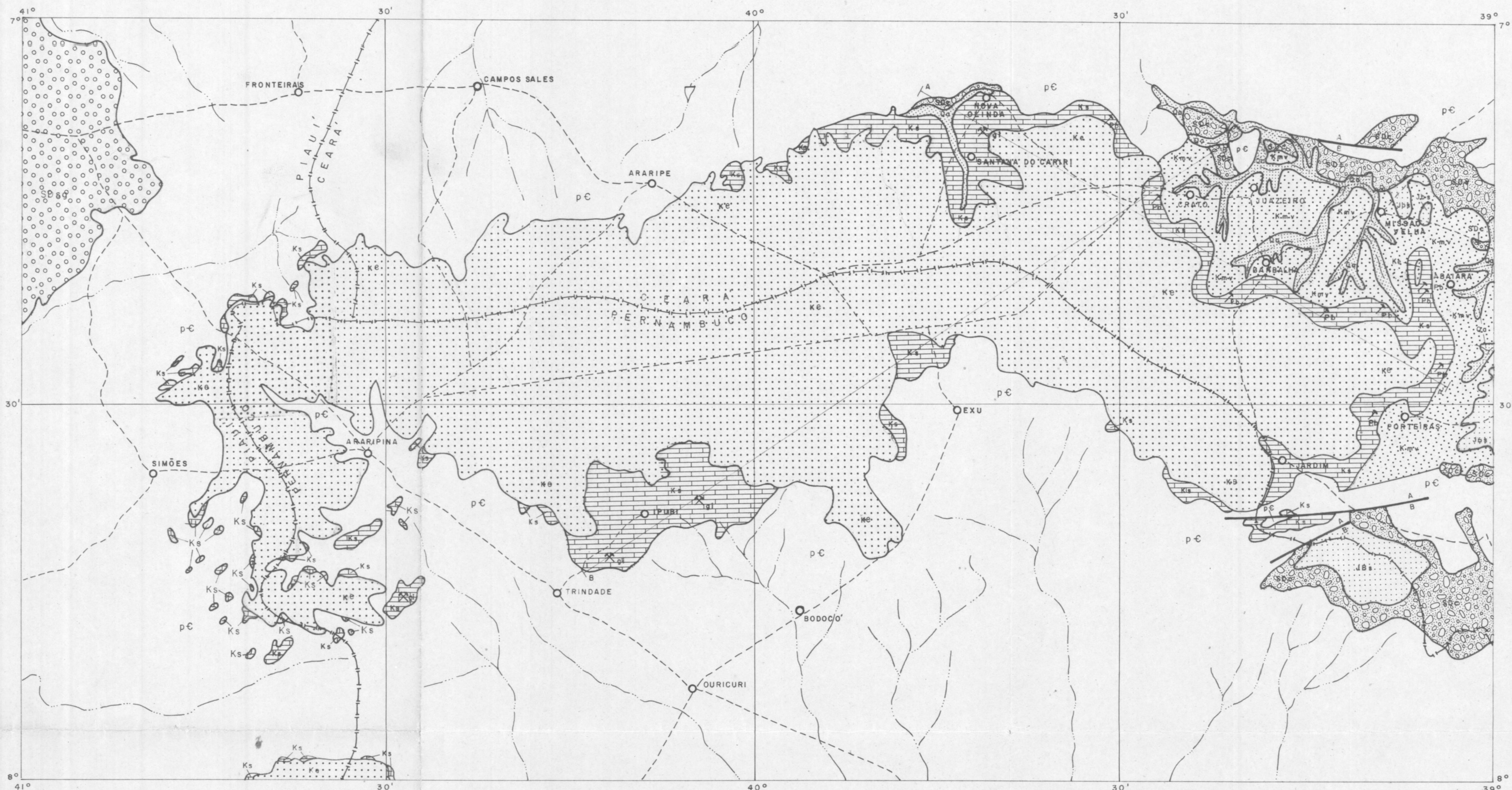


ESCALA HORIZONTAL 1:100.000
ESCALA VERTICAL 1:100

MORAES, J.F.S.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

PARTE DA FOLHA SB.24-Y

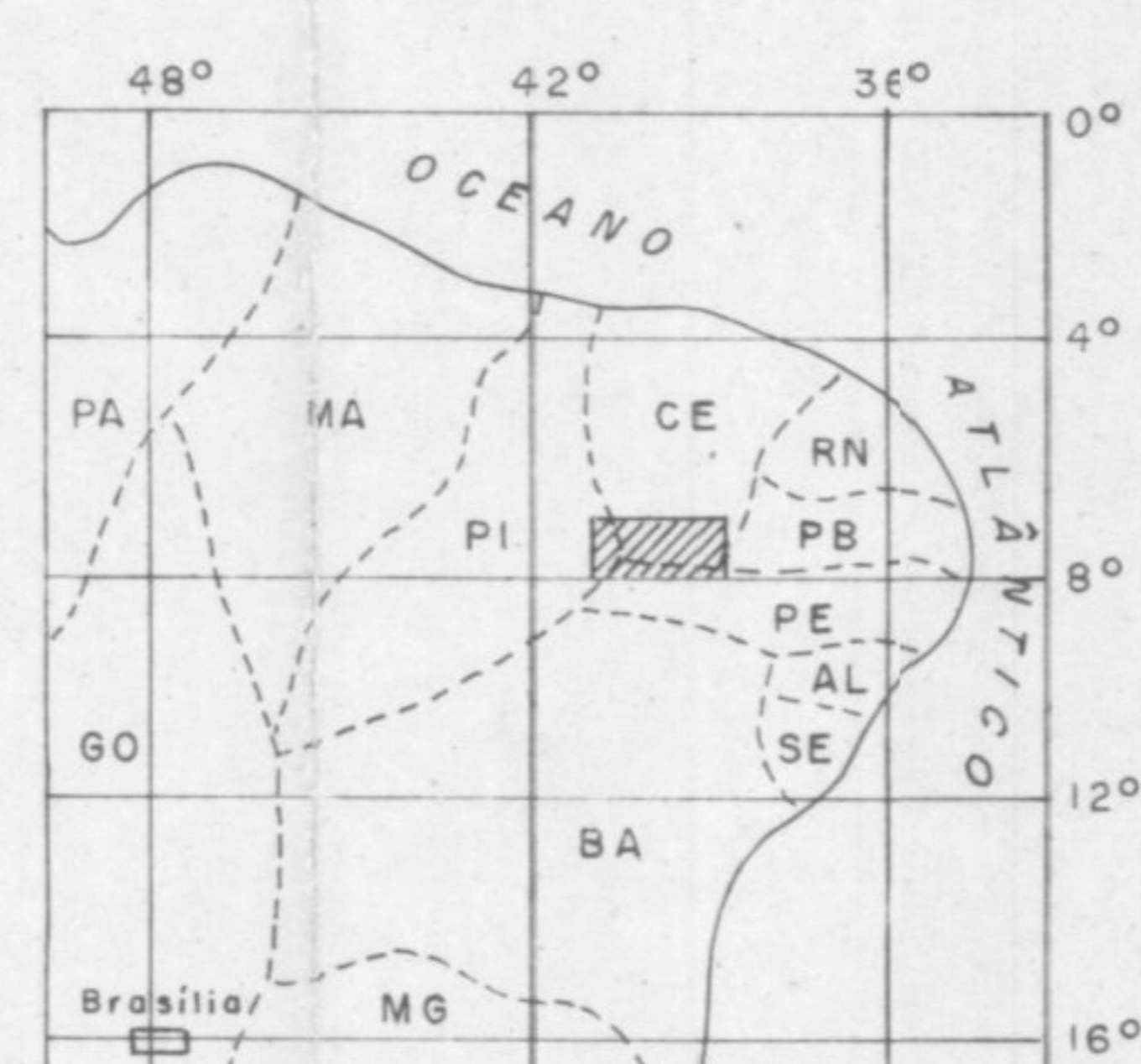


LEGENDA

CENOZOICO	QUATERNÁRIO	ALUVIÃO		AREIA ESBRANQUIÇADA, FINA A GROSSEIRA, EM PARTE ARGILOSA E COM MATÉRIA ORGÂNICA; CASCALHOS, BLOCOS E MATAÇÔES, PRINCIPALMENTE DE ARENITO.	
	~ ~ ~ ~ ~ DISCORDÂNCIA ~ ~ ~ ~ ~				
MESOZOICO	CRETACEO	ALBIANO	FORMAÇÃO EXU		ARENITO AMARELO-AVERMELHADO, MÉDIO A GROSSEIRO, EM PARTE CONGLOMERÁTICO, CAULÍNICO, POR VEZES SILICIFICADO; FRIÁVEL, POROSO E PERMEÁVEL, COM ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA.
		APTIANO / ALBIANO	FORMAÇÃO SANTANA		FACIES ARGILO-SÍLTICA E EVAPORÍTICA: SÍLTITO CINZA FRIÁVEL; FOLHELHO CINZA COM CONCREÇÕES CALCÁRIAS CONTENDO ICTIÓLITOS; SEQUÊNCIA VARIADA DE FOLHELHO, SÍLTITO, MARGA E ARENITO ALGO CALCÍFERO; GIPSITA ESBRANQUIÇADA. FACIES CARBONATADA: FOLHELHO NEGRO, BETUMINOSO, FOSSILÍFERO; ARENITO ESBRANQUIÇADO, FINO, FRIÁVEL; ESPESSO PACOTE DE CALCÁRIO LAMINADO CREME COM INTERCALAÇÕES DE FOLHELHO, SÍLTITO, MARGA E CALCARENITO.
	APTIANO INTERIOR	FORMAÇÃO MISSÃO VELHA		FACIES ARENOSA: ARENITO AMARELO-AVERMELHADO, FINO A MÉDIO, COM NÍVEIS GROSSEIROS A CONGLOMERÁTICOS; FRIÁVEL, POROSO E PERMEÁVEL, COM ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA; INCLUI NUMEROSAS INTERCALAÇÕES DE FOLHELHO E SÍLTITO CINZA A AVERMELHADO, DELGADOS NÍVEIS DE CALCARENITO, GRANDES BOLAS DE CALCARENITO; CONGLOMERADO CALCÁRIO, BRECHÓIDE E MARGA BETUMINOSA, AMBOS COM GALENA.	
		NEOCOMIANO?	FORMAÇÃO BREJO SANTO		ARENITO AMARELO-AVERMELHADO, MÉDIO A GROSSEIRO, FRIÁVEL, POROSO E PERMEÁVEL, COM ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA; ESPORÁDICAS INTERCALAÇÕES DE SÍLTITO E FOLHELHO OU ARGILITO.
PALEOZOICO	SILURO-DEVONIANO	FORMAÇÃO CARIRI (SDc)		ARENITO CINZA ESBRANQUIÇADO COM TONS ESVERDEADOS, GROSSEIRO A CONGLOMERÁTICO, MUITO FRATURADO (SDc).	
		FORMAÇÃO SERRA GRANDE (SDsg)		CONGLOMERADO E ARENITO CONGLOMERÁTICO, ARCOSEANO, COM SEIXOS DE QUARTZO, FRAGMENTOS DE FELDSPATO E DE ROCHA (SDsg).	
	~ ~ ~ ~ ~ DISCORDÂNCIA ~ ~ ~ ~ ~				
PRECAMBRIANO				XISTOS, GNAISSES, MIGMATITOS E GRANITÓIDES INDIFERENCIADOS.	

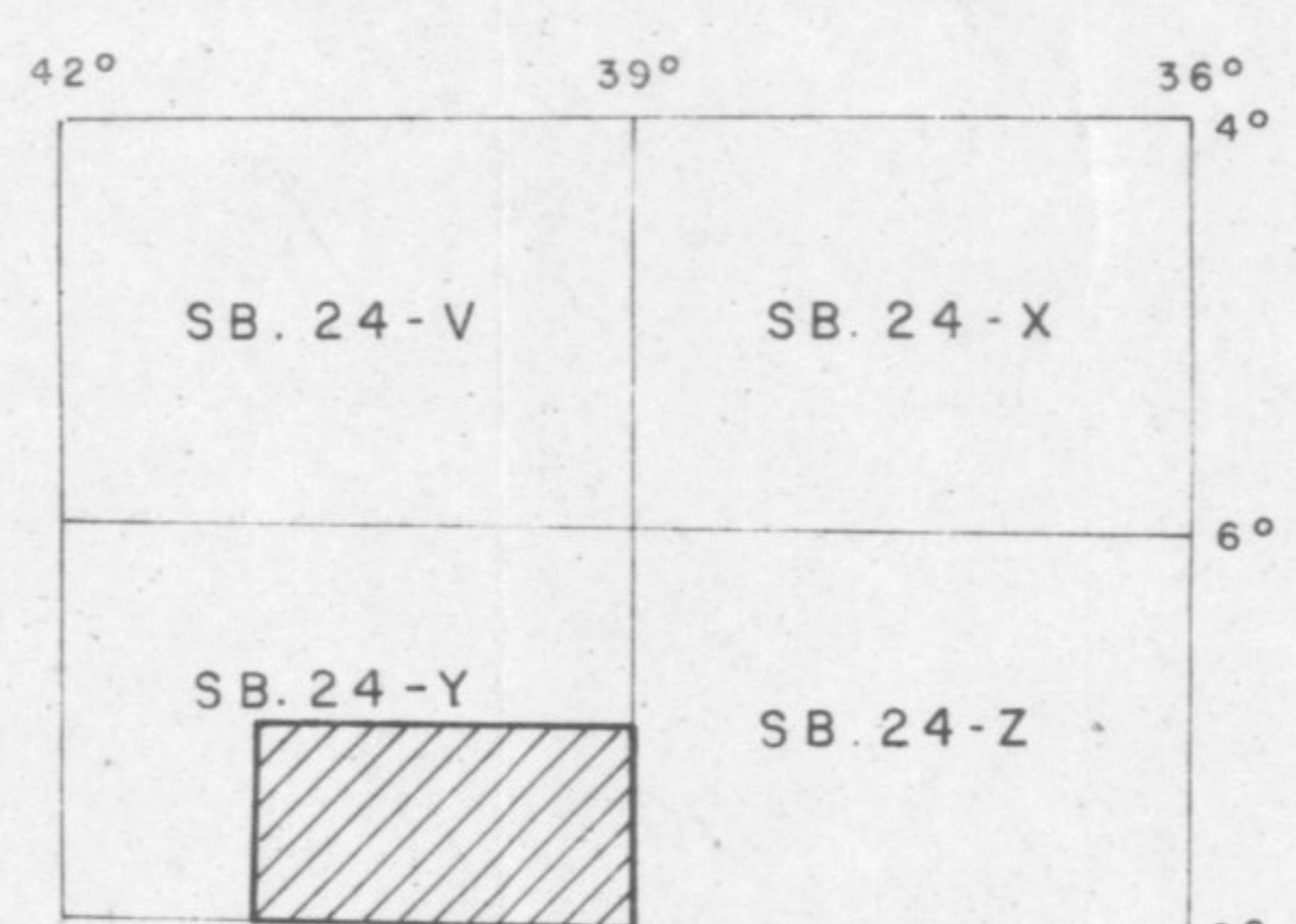
MAPA BASE: MAPA GEOLÓGICO COMPILADO POR MARCOS DE BARROS MUNIS, SUDENE 1971 E MODIFICADO PELO PROJETO SANTANA 1976.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO PROJETO



PROJETO SANTANA

ARTICULAÇÃO DA FOLHA



ESCALA 1:500.000



SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL - RECIFE

JUNHO-1976

MAPA GEOLÓGICO DA BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE

GEOLÓGOS RESPONSÁVEIS

JOÃO FRANCISCO S. DE MORAES
JOSÉ DA SILVA AMARAL SANTOS
JOÃO DE CASTRO MASCARENHAS

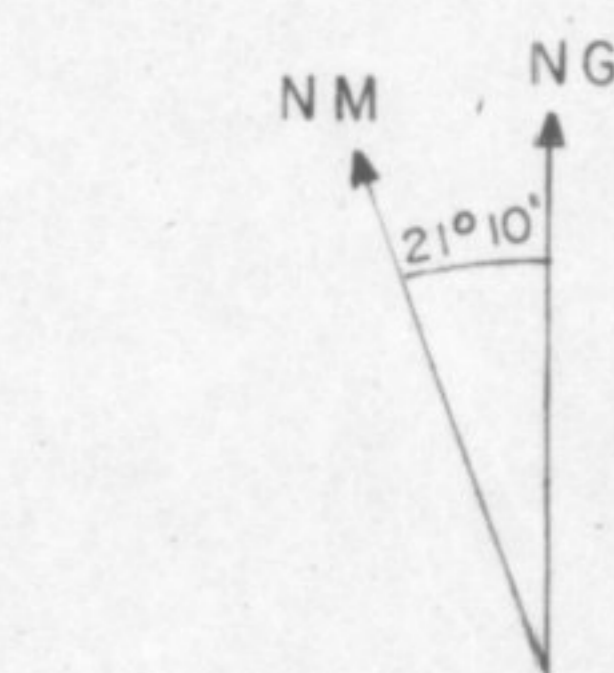
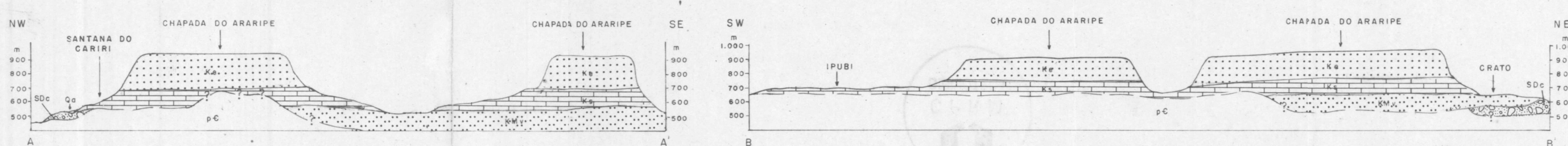
CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- CONTATO
- FALHA DE GRAVIDADE
- OCORRÊNCIA DE GALENA
- PRINCIPAIS ÁREAS DE OCORRÊNCIA DE GIPSITA

CONVENÇÕES GEOGRÁFICAS

- CIDADES
- ESTRADAS PRINCIPAIS
- RIOS
- AÇÜDES
- LIMITE INTERESTADUAL

SEÇÕES GEOLÓGICAS ESQUEMÁTICAS



DECLINAÇÃO MAGNÉTICA EM 1975
CRESCER 6' OESTE, ANUALMENTE

PERFIL DE CORRELAÇÃO ESTRATIGRÁFICA B - B'

DATUM: TOPO DO CALCÁRIO



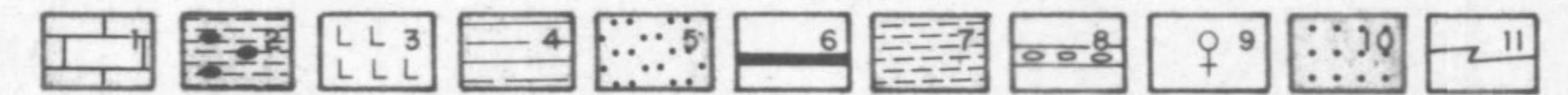
CPRM
SUREG-RE

PROJETO SANTANA

1976

CONVENÇÕES

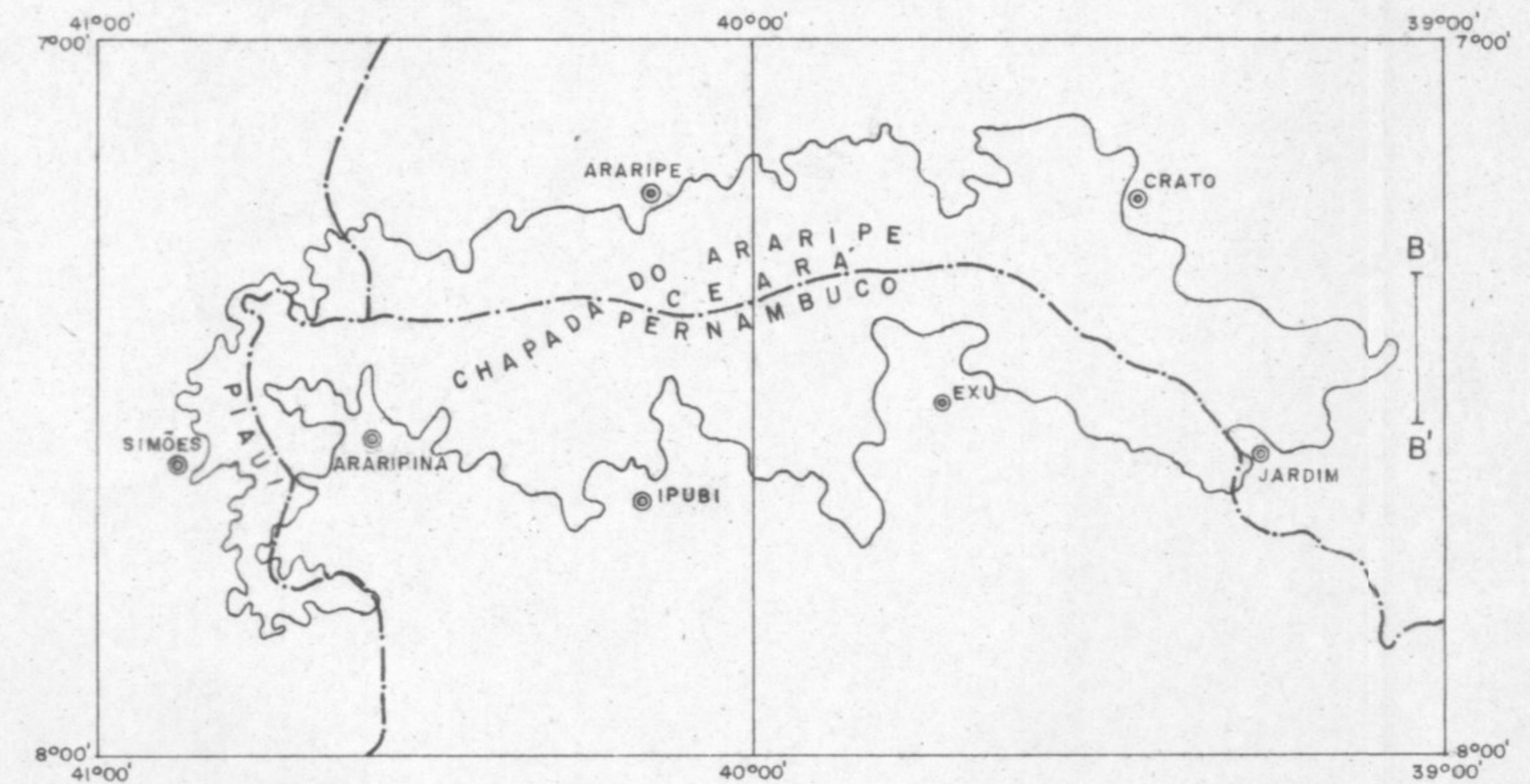
- Ksa** FORMAÇÃO SANTANA: FACIES ARGILO-SÍLTICA E EVAPORÍTICA
- Ksc** FORMAÇÃO SANTANA: FACIES CARBONATADA
- Kmva** FORMAÇÃO MISSÃO VELHA: FACIES ARENOSA
- Kmvi** FORMAÇÃO MISSÃO VELHA: UNIDADE INFERIOR



- 1-CALCÁRIO LAMINADO, 2-FOLHELHO C/CONCREÇÕES CALCÁRIAS
- 3-GIPSITA, 4-SILTITO, 5-ARENITO MÉDIO A FINO, 6-MARGA BETUMINOSA C/SULFETOS, 7-FOLHELHO, 8-CONGLOMERADO CALCÁRIO, 9-ZONA MINERALIZADA EM Pb E Zn, 10-ARENITO MÉDIO A GROSSEIRO, 11-VARIAÇÃO DE FACIES

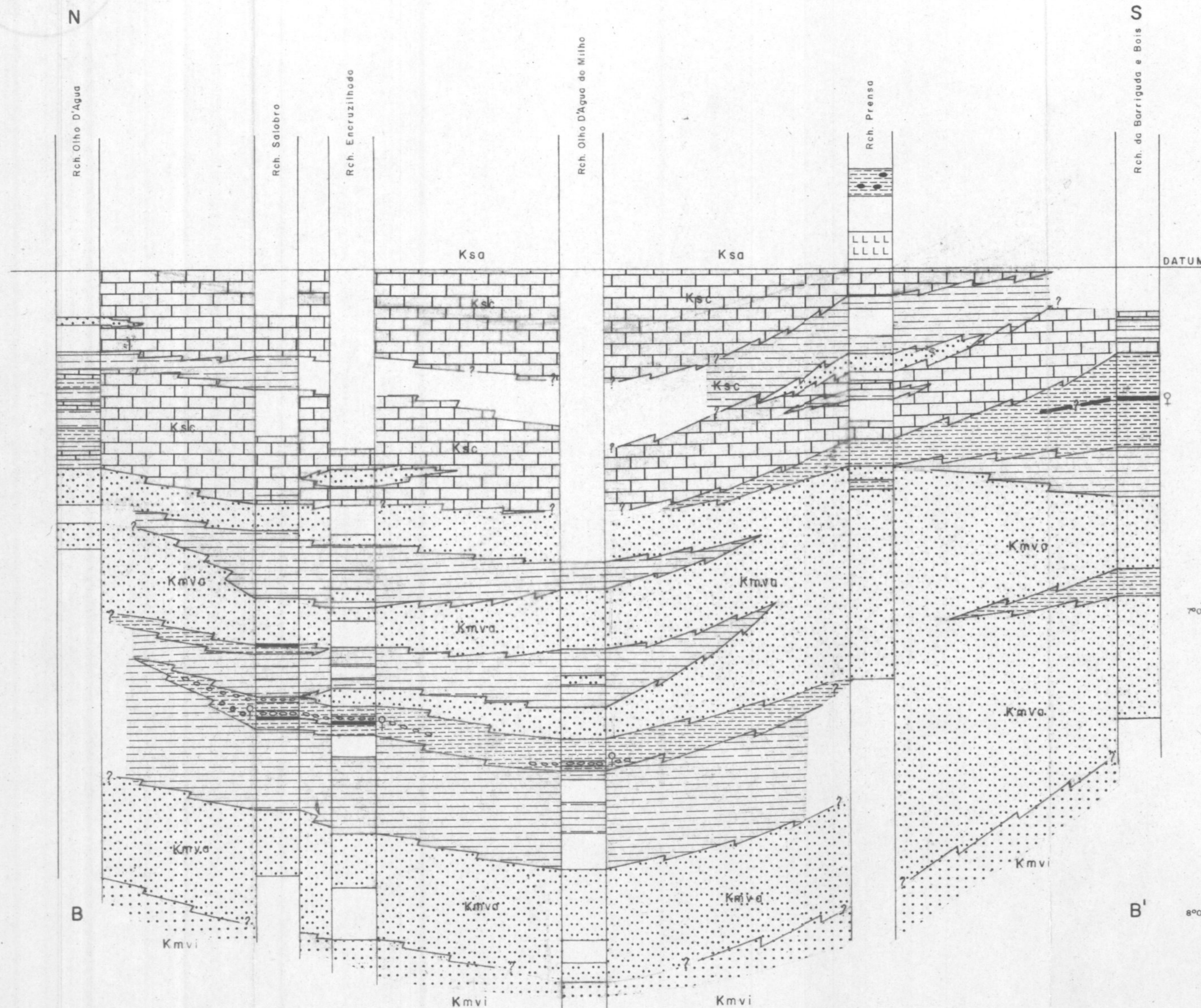
MAPA DE LOCALIZAÇÃO

ESCALA ≈ 1:1.600.000



ESCALA HORIZONTAL 1:100.000
ESCALA VERTICAL 1:100

MORAES, J.F.S.



PERFIL DE CORRELAÇÃO ESTRATIGRÁFICA B - B'

DATUM: BASE DO CALCÁRIO



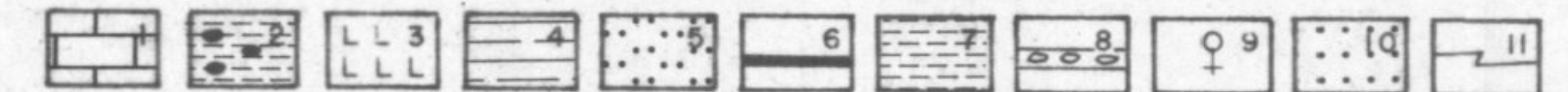
CPRM
SUREG-RE

PROJETO SANTANA

1976

CONVENÇÕES

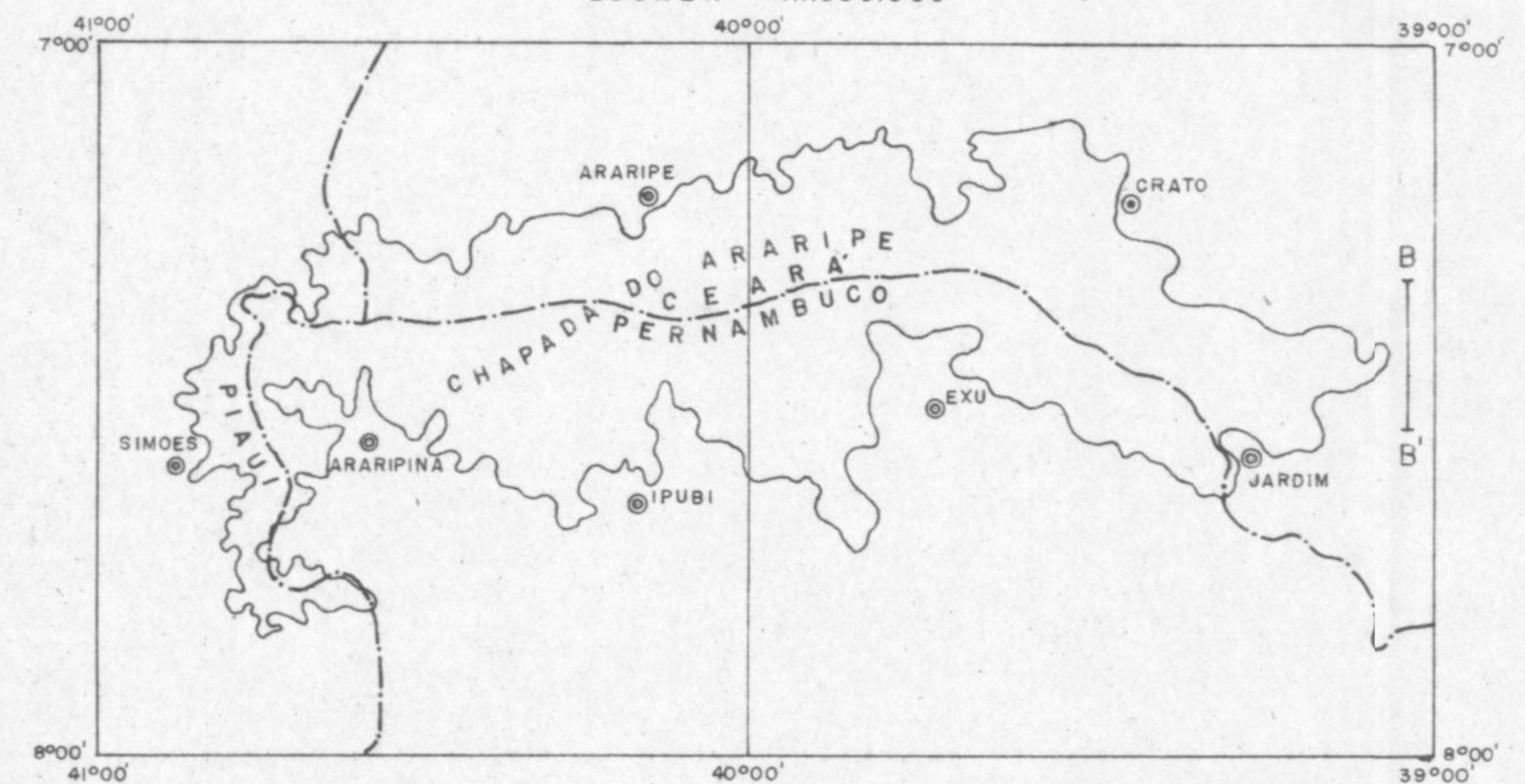
- Ksa** FORMAÇÃO SANTANA: FACIES ARGILO-SÍLTICA E EVAPÓRITICA.
- Ksc** FORMAÇÃO SANTANA: FACIES CARBONATADA
- Kmva** FORMAÇÃO MISSÃO VELHA: FACIES ARENOSA
- Kmvi** FORMAÇÃO MISSÃO VELHA: UNIDADE INFERIOR



- 1-CALCÁRIO LAMINADO, 2-FOLHELHO C/CONCREÇÕES CALCÁRIAS
3-GIPSITA, 4-SILTITO, 5-ARENITO MÉDIO A FINO, 6-MARGA BETUMINOSA C/SULFETOS, 7-FOLHELHO, 8-CONGLOMERADO CALCÁRIO, 9-ZONA MINERALIZADA EM Pb E Zn, 10-ARENITO MÉDIO A GROSSEIRO, 11-VARIAÇÃO DE FACIES

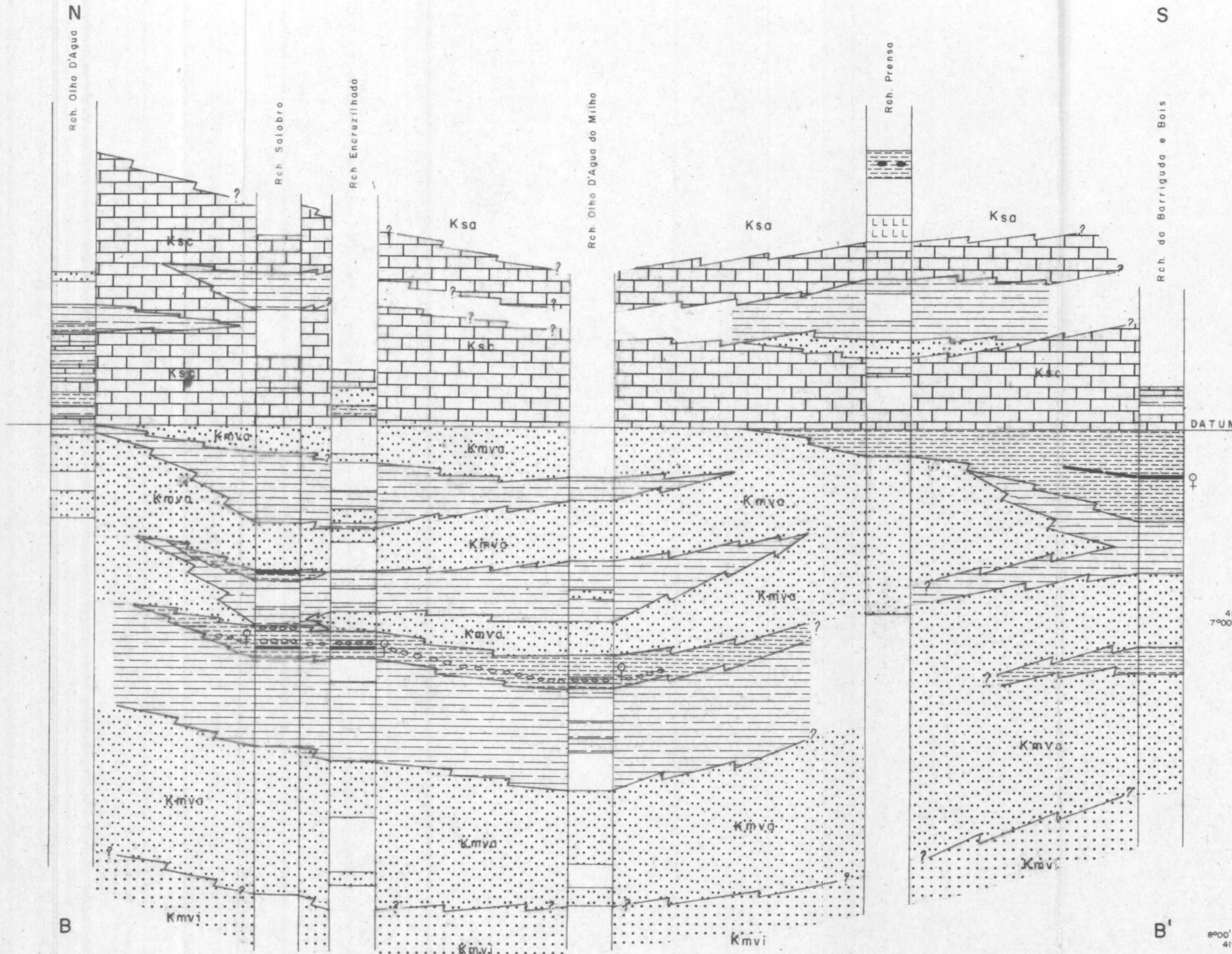
MAPA DE LOCALIZAÇÃO

ESCALA ≈ 1:1.600.000

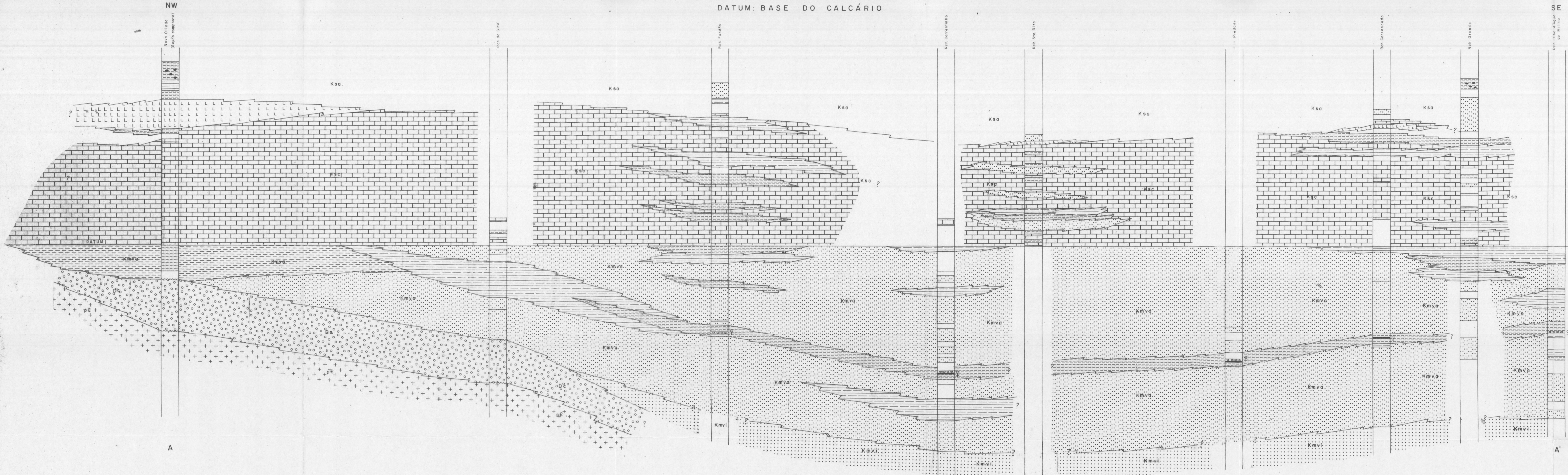


ESCALA HORIZONTAL 1:100.000
ESCALA VERTICAL 1:100

MORAES, J.F.S.



PERFIL DE CORRELAÇÃO ESTRATIGRÁFICA A A'
 DATUM: BASE DO CALCÁRIOO



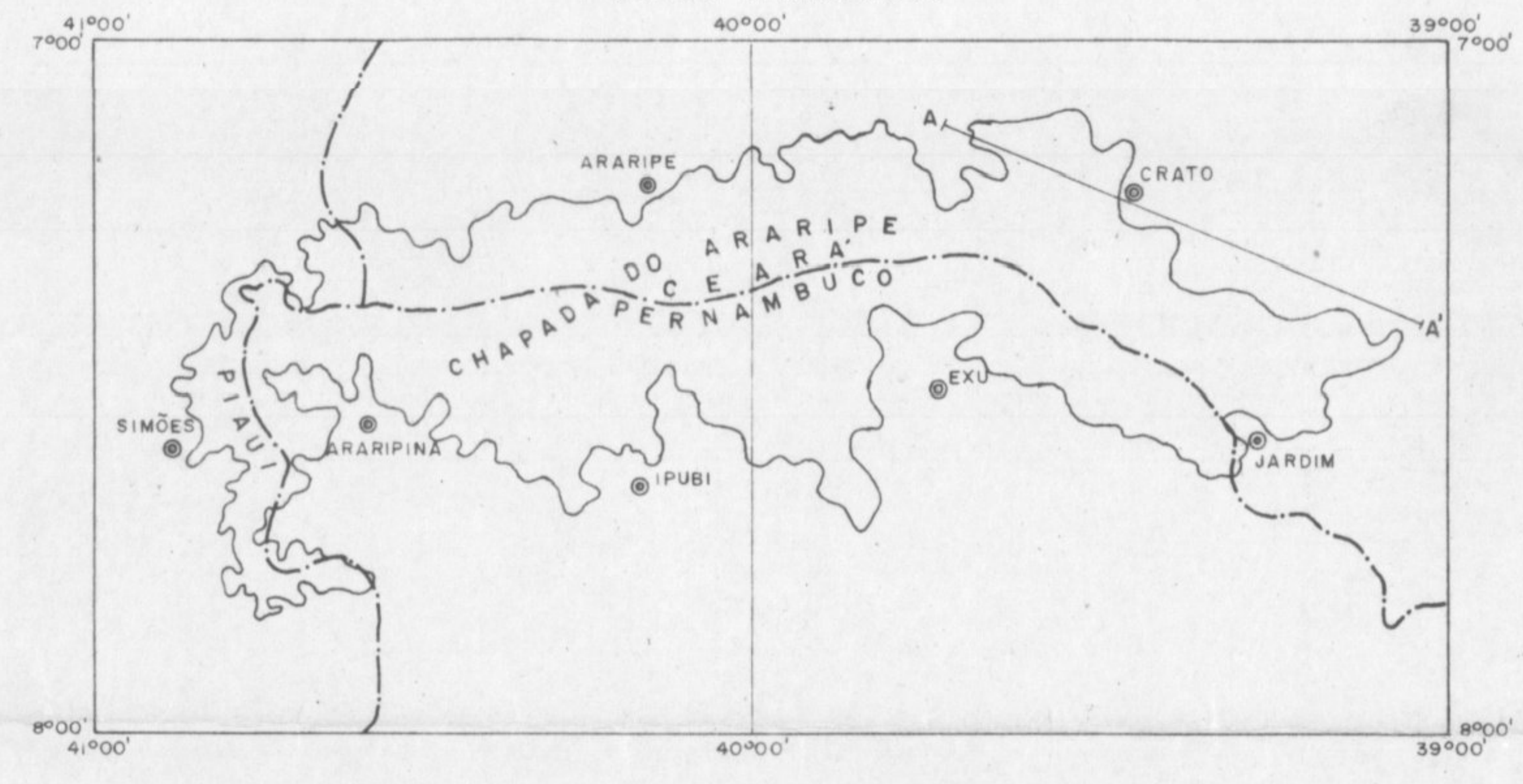
CPRM
 SUREG-RE
 PROJETO SANTANA
 1976

CONVENÇÕES

- Ksa FORMAÇÃO SANTANA: FACIES ARGILO-SÍLTICA E EVAPORÍTICA
- Ksc FORMAÇÃO SANTANA: FACIES CARBONATADA
- Kmva FORMAÇÃO MISSÃO VELHA: FACIES ARENOSA
- Kmvi FORMAÇÃO MISSÃO VELHA: UNIDADE INFERIOR
- Dc FORMAÇÃO CARIRI
- pC EMBASAMENTO CRISTALINO

- DATUM
- 1-CALCÁRIOO LAMINADO, 2-FOLHELHO C/CONCREÇÕES CALCÁRIAS, 3-GIPSITA, 4-SILTITO, 5-ARENITO MÉDIO A FINO, 6-MARGA BETUMINOSA C/SULFETOS, 7-FOLHELHO, 8-CONGLOMERADO CALCÁRIOO, 9-ZONA MINERALIZADA EM Pb E Zn, 10-ARENITO MÉDIO A GROSSEIRO, 11-VARIAÇÃO DE FACIES, 12-ARENITO CONGLOMERÁTICO, 13-DISCORDÂNCIA, 14-EMBASAMENTO CRISTALINO

MAPA DE LOCALIZAÇÃO
 ESCALA 1:1.600.000



ESCALA HORIZONTAL 1:100.000
 ESCALA VERTICAL 1:100
 MORAES, J.F.S.