SECRETARIA DA COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA OS RECURSOS DO MAR

COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA OS RECURSOS DO MAR

PROJETO GEOQUÍMICA DOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DA MARGEM CONTINENTAL BRASILEIRA

RELATÓRIO FINAL

VOLUME I

GEOQUÍMICA REGIONAL - TEXTO

GILBERTO JOSÉ MACHADO

I 97

CPRM — DIDOTE
ARQUIVO TÉCNICO
Relatório n.º 1722
N.º de Volumes: 6 V: 1-S

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
DIRETORIA DA ÁREA DE OPERAÇÕES
DEPARTAMENTO DE PROSPECÇÃO - DEPRO
RIO DE JANEIRO
1985

PROJETO GEOQUÍMICA DOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DA MARGEM CONTINENTAL BRASILEIRA

ÍNDICE DOS VOLUMES

VOLUME I GEOQUÍMICA REGIONAL - TEXTO

VOLUME II ANEXOS

VOLUME III ANEXOS

VOLUME IV ANEXOS

VOLUME V ANEXOS

VOLUME VI APÊNDICE

PROJETO GEOQUÍMICA DOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DA MARGEM CONTINENTAL BRASILEIRA

Chefe do Projeto : Gilberto José Machado

Equipe executora : Gilberto José Machado
Liana Barreto Vaz Sampaio

Colaboração : Geroldo Luiz Gomes Bruno
Julio Cesar de Oliveira Lyrio
Marcelo Gomes de Pinho
Paulo Roberto de Sá Peixoto
Paulo Roberto Souza Lima
Ricardo de Oliveira

Participação parcial : Mario Mitio Sugahara

Supervisão : Gustavo Noronha Diniz Gonçalves
Maria Glícia da Nóbrega Coutinho

Supervisão cartográfica : Regina Celia Gimenez Armesto

CPRM

APRESENTAÇÃO

Este trabalho contém os resultados alcançados para os diversos elementos investigados. Neste volume I estão registrados os principais parâmetros estatístico-geoquímicos dos sedimentos superficiais da margem continental, histogramas, matrizes de correlação, a interpretação, conclusões e recomendações. Acompanha este volume um mapa sintético na escala 1:3.500.000 mostrando os principais "trends" dos elementos.

Nos volumes II, III, IV e V estão contidos mapas de estações de coleta e quarenta e quatro mapas de distribuição geoquímica, na escala 1;2.000.000. Eles exibem um fundo batimétrico. Cada mapa contém um par de elementos cuja distribuição é representada por meio de símbolos que expressam o tipo de material predominante e a faixa de concentração.

A listagem de todos os parâmetros geoquímicos de campo e resultados analíticos das amostras (volume VI), é apresentada sob a forma de um Apêndice.

Mod. 002

NE 7530 0210 0343

S U M Á R I O

VOLUME I

RESUMO ix

ABSTRACT x

1 - INTRODUÇÃO 1

1.1 - Histórico 1
1.2 - Objetivos 2
1.3 - Trabalhos Anteriores 2
1.4 - Agradecimentos 3

2 - DESCRIÇÃO GEOGRÁFICA E GEOLÓGICA DA ÁREA 5

2.1 - Localização 5
2.2 - Fisiografia da Margem Continental 5
2.3 - Fácies Sedimentares e Proveniência 7

3 - ESTUDO GEOQUÍMICO 9

3.1 - Aspectos Gerais sobre a Geoquímica dos Sedimentos, Aplicabilidade dos Elementos Químicos e Recursos Minerais do Mar 9
3.2 - Metodologia 12

3.2.1 - Coleta das Amostras 12
3.2.2 - Seleção das Amostras 14
3.2.3 - Preparação das Amostras e Técnicas Analíticas 14

3.2.3.1 - Britagem, Pulverização e Peneiramento 14
3.2.3.2 - Métodos Analíticos 14

- Emissão Espectrográfica Semiquantitativa para 30 Elementos 14

- Determinação do Teor de Carbono Orgânico 14
- Organopalinologia 16
  . Organopalinofácies - estudos com luz transmitida 16
  . Paleotermometria - estudos com luz transmitida 16
3.2.4 - Laboratório e Pessoal Responsável 17
3.2.5 - Processamento de Dados 17

4 - AVALIAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS 19
4.1 - Introdução 19
4.2 - Critérios para Interpretação 20
4.3 - Sumário das Estatísticas 22
4.4 - Histogramas 28
4.5 - Matrizes de Correlação 28

5 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 35

6 - CONCLUSÕES 40

7 - RECOMENDAÇÕES 43

8 - BIBLIOGRAFIA CONSULTADA 46

9 - ANEXO - Mapa de Síntese

VOLUME II

Mapa de Estações de Coleta - Folha A1
Mapa de Distribuição Geoquímica de Fe-Ni - Folha A1
Mapa de Distribuição Geoquímica de Mg-Ba - Folha A1

Mod 002

NE 7530 0210 0343

Mapa de Distribuição Geoquímica de Ca-Sr - Folha A1
Mapa de Distribuição Geoquímica de Ti-Zr - Folha A1
Mapa de Distribuição Geoquímica de Mn-Sc - Folha A1
Mapa de Distribuição Geoquímica de Cr-Co - Folha A1
Mapa de Distribuição Geoquímica de B-Be - Folha A1
Mapa de Distribuição Geoquímica de V-Cu - Folha A1
Mapa de Distribuição Geoquímica de Pb-Y - Folha A1
Mapa de Distribuição Geoquímica de Nb-La - Folha A1
Mapa de Distribuição Geoquímica do Carbono Orgânico - Folha A1

VOLUME III

Mapa de Estações de Coleta - Folha A2
Mapa de Distribuição Geoquímica de Fe-Ni - Folha A2
Mapa de Distribuição Geoquímica de Mg-Ba - Folha A2
Mapa de Distribuição Geoquímica de Ca-Sr - Folha A2
Mapa de Distribuição Geoquímica de Ti-Zr - Folha A2
Mapa de Distribuição Geoquímica de Mn-Sc - Folha A2
Mapa de Distribuição Geoquímica de Cr-Co - Folha A2
Mapa de Distribuição Geoquímica de B-Be - Folha A2
Mapa de Distribuição Geoquímica de V-Cu - Folha A2
Mapa de Distribuição Geoquímica de Pb-Y - Folha A2
Mapa de Distribuição Geoquímica de Nb-La - Folha A2
Mapa de Distribuição Geoquímica do Carbono Orgânico - Folha A2

VOLUME IV

Mapa de Estações de Coleta - Folha A3
Mapa de Distribuição Geoquímica de Fe-Ni - Folha A3
Mapa de Distribuição Geoquímica de Mg-Ba - Folha A3
Mapa de Distribuição Geoquímica de Ca-Sr - Folha A3
Mapa de Distribuição Geoquímica de Ti-Zr - Folha A3
Mapa de Distribuição Geoquímica de Mn-Sc - Folha A3
Mapa de Distribuição Geoquímica de Cr-Co - Folha A3
Mapa de Distribuição Geoquímica de B-Be - Folha A3
Mapa de Distribuição Geoquímica de V-Cu - Folha A3

Mod. 002

NE 7530 0210 0343

CPRM

Mapa de Distribuição Geoquímica de Pb-Y - Folha A3
Mapa de Distribuição Geoquímica de Nb-La - Folha A3
Mapa de Distribuição Geoquímica do Carbono Orgânico - Folha A3

VOLUME V

Mapa de Estações de Coleta - Folha A4
Mapa de Distribuição Geoquímica de Fe-Ni - Folha A4
Mapa de Distribuição Geoquímica de Mg-Ba - Folha A4
Mapa de Distribuição Geoquímica de Ca-Sr - Folha A4
Mapa de Distribuição Geoquímica de Ti-Zr - Folha A4
Mapa de Distribuição Geoquímica de Mn-Sc - Folha A4
Mapa de Distribuição Geoquímica de Cr-Co - Folha A4
Mapa de Distribuição Geoquímica de B-Be - Folha A4
Mapa de Distribuição Geoquímica de V-Cu - Folha A4
Mapa de Distribuição Geoquímica de Pb-Y - Folha A4
Mapa de Distribuição Geoquímica de Nb-La - Folha A4
Mapa de Distribuição Geoquímica do Carbono Orgânico - Folha A4

VOLUME VI

Resultados Analíticos

Mod 002

NE 7530 0210 0343

CPRM

RELAÇÃO DAS FIGURAS

FIGURA 1 - Localização Geográfica da Área do Projeto 6

FIGURA 2 - Termos finais principais orgânicos e inorgânicos dos sedimentos 10

FIGURA 3 - Ilustração esquemática entre os fatores que controlam a geoquímica dos sedimentos marinhos 11

FIGURA 4 - Processamento de dados: fluxogramas 18

FIGURA 5 - Histogramas de frequência - Sedimentos Terrígenos Quartzo Feldspáticos 29

FIGURA 6 - Histogramas de frequência - Sedimentos Terrígenos Síltico Argilosos 30

FIGURA 7 - Histogramas de frequência - Sedimentos Carbonáticos 31

FIGURA 8 - Áreas sugeridas para Estudos de Detalhe 41

Mod. 002

NE 7530 0210 0343

CPRM

RELAÇÃO DAS TABELAS

TABELA 1 – Depósitos minerais e sua localização em ambiente marinho 13

TABELA 2 – Limites de detecção dos elementos analisados pelo método de emissão espectrográfica 15

TABELA 3 – Simbologia para representação da matéria orgânica 21

TABELA 4 – Sumário Estatístico – Área Total 23

TABELA 5 – Sumário Estatístico – Sedimentos Terrígenos Quartzo Feldspáticos 24

TABELA 6 – Sumário Estatístico – Sedimentos Terrígenos Síltico Argilosos 25

TABELA 7 – Sumário Estatístico – Sedimentos Carbonáticos 26

TABELA 8 – Matrizes de Coeficientes de Correlação das Amostras de Sedimentos Superficiais da Margem Continental 33

Mod. 002

NE 7530 0210 0343

CPRM

RELAÇÃO DAS SIGLAS UTILIZADAS NO RELATÓRIO

BNDO	-	Banco Nacional de Dados Oceanográficos
CECO	-	Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica
CENPES	-	Centro de Pesquisa Leopoldo A. Miguez de Mello
CIRM	-	Comissão Interministerial para os Recursos do Mar
DHN	-	Diretoria de Hidrografia e Navegação
IO	-	Instituto de Oceanografia
LABOHIDRO	-	Laboratório de Hidrobiologia
LABOMAR	-	Laboratório de Ciências do Mar
LAGEMAR	-	Laboratório de Geologia Marinha
LAMIN	-	Laboratório de Análises Minerais
REMAC	-	Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira
SECIRM	-	Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar
UFCE	-	Universidade Federal do Ceará
UFMA	-	Universidade Federal do Maranhão
UFF	-	Universidade Federal Fluminense
USP	-	Universidade de São Paulo

Mod 002

NE 7530 0210 0343

CPRM

R E S U M O

O trabalho trata do levantamento geoquímico regional na margem continental brasileira utilizando as amostras superficiais coletadas durante as operações oceanográficas GEOMAR e o Projeto REMAC.

Para alguns elementos foram detectadas variações no "background" regional, permitindo, juntamente com as associações geoquímicas formadas, assinalar nitidamente a influência de determinadas litologias nos sedimentos terrígenos. A associação do Fe, Ni, V, Sc, Cr e Co indica a contribuição de rochas máficas, enquanto que a associação do Y, La, Nb e Ba marca a contribuição de rochas félsicas.

Os elementos Ca, Mg e Sr servem para distinguir os sedimentos carbonáticos dos terrígenos e Ba, Nb e Zr detectam as rochas alcalinas próximas ao litoral. Os elementos Ti, Zr, Y, Fe e Ni encontrados em sedimentos quartzo feldspáticos revelam a presença de minerais pesados e para isso podem ser utilizados para detectar outras áreas.

A presença de teores expressivos de Mg, nos sedimentos ao longo dos rios diamantíferos como o Jequitinhonha, conduz à hipótese do elemento ser utilizado como guia para minerais satélite do diamante. Já a discriminação de uma área com valores elevados de Mn no talude continental do Rio Grande do Sul, mostra possivelmente contribuição para a formação de nódulos de Mn no oceano profundo adjacente. O estudo da organopalinologia bem como da distribuição do carbono orgânico, visou o mapeamento regional da matéria orgânica na margem continental.

Mod. 002

NE 7530 0210 0345

CPRM

A B S T R A C T

This paper deals with the geochemical reconnaissance of the Brazilian Continental Margin and is based upon samples collected during oceanographic expeditions of Projects REMAC and GEOMAR.

Regional background variations for some elements have been detected in the sediments of the Continental Margin thus allowing, together with the resulting geochemical associations, a clear identification of the influence of certain lithologies on the terrigenous sediments. Hence the association of Fe, Ni, V, Sc, Cr and Co points to mafic rocks contribution, whereas the association of Y, La, Nb and Ba, is related to felsic rocks.

The elements Ca, Mg and Sr are indicators to sort out carbonatic from terrigenous sediments and Ba, Nb and Zr witness the near coast alkaline rocks. The elements Ti, Zr, Y, Fe and Ni in quartz-feldspathic sediments reveal the presence of heavy minerals and can be utilized to detect other areas where favorable conditions may exist for the accumulation of such minerals.

The presence of significant grades of Mg in the sediments distributed along diamond laden rivers such as Jequitinhonha leads to the hypothesis of utilizing this element as a guide to diamond satellite minerals. Likewise the observation of an area with high Mn values on the continental slope of Rio Grande do Sul, shows a possible contributive source to the formation of Mn nodules in the adjacent floor.

Studies of organopalinology as well as distribution of organic C were performed aiming at the regional mapping of the organic matter over the Continental Margin.

Mod. 002

NE 7530 0210 0343

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Histórico

Este Projeto foi proposto em 1981 a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM) pelo geólogo Carlos Ivan Santana, na ocasião Chefe da Divisão de Geologia Marinha (DIGEOM) da CPRM. Consistia em realizar um levantamento geoquímico da margem continental brasileira com vistas a uma complementação e atualização dos seus recursos minerais potenciais. Em 1983 o Projeto foi aprovado através do Convênio 070/023 SECIRM/CIRM/CPRM dentro do Plano Setorial de Recursos Minerais. O início operacional deu-se em julho do citado ano, tendo como chefe do Projeto e coordenadora a geóloga Maria Glícia da Nóbrega Coutinho e cabendo ao geólogo Gilberto José Machado participação no mesmo como geoquímico.

Foi realizado um rápido estudo preliminar, com as seguintes atividades: aquisição de base planimétrica com batimetria na escala 1:2.000.000, da PETROBRÁS, análise bibliográfica e estudo orientativo para definir a granulometria. Foi escolhido o método de emissão espectrográfica semiquantitativa para trinta elementos para análise das amostras, por reportar um grande número de elementos a um custo menor em relação aos outros métodos. Por sugestão da geóloga Maria Auxiliadora T. Belo, foram analisados carbono orgânico e organopalinologia.

Para a primeira etapa do Projeto foram selecionadas as amostras coletadas durante as operações oceanográficas denominadas GEOMAR totalizando 19 expedições científicas que estavam arquivadas no Banco Nacional de Amostras do LAGEMAR e em outras Instituições como LABOHIDRO, LABOMAR, IO e CECO. Essas amostras foram interpretadas, sendo confeccionados mapas preliminares. Na segunda etapa do Projeto, foram selecionadas as amostras do Projeto REMAC nas áreas onde não existiam amostras das operações oceanográficas GEOMAR.

Mod. 002

NE 7530 0210 0343

Em novembro de 1983 a geóloga Maria Glícia da Nóbrega Coutinho foi desempenhar suas atividades profissionais em outra área da CPRM, tendo sido substituída na Chefia do Projeto pelo geoquímico Gilberto José Machado que continuou até o término do Projeto. A partir de março de 1984 a geóloga Lia na Barreto Vaz Sampaio passou a integrar a equipe do Projeto.

1.2 - Objetivos

O levantamento geoquímico teve como finalidades principais:

a) determinar o potencial geoquímico regional dos principais elementos presentes no fundo do mar, complementando e atualizando os dados dos recursos minerais da margem continental brasileira;
b) correlacionar, quando possível, nas Notas Explicativas dos mapas, as ocorrências minerais detectadas no mar, com as já constatadas no continente;
c) a partir das anomalias registradas no mar, indicar as possíveis áreas de ocorrências minerais no continente, ainda não conhecidas;
d) estabelecer o "background" regional dos diversos elementos da plataforma continental;
e) estudar a distribuição regional da matéria orgânica.

1.3 - Trabalhos Anteriores

Entre as diversas publicações que versam sobre a margem continental brasileira, destacam-se duas de cunho geoquímico, apesar de se restringirem a áreas localizadas. Pertencem a Coutinho (1979) e Dias et alii (1982).

O primeiro, realizou estudos geoquímicos nos sedimentos superficiais da plataforma de Alagoas-Sergipe. Do trabalho constam análises químicas de absorção atômica para os elementos Ca, Mg, Sr, Cu, Cr, Ni, Li, V, Co, Fe, Mn, Al, K, Ti e Zn, carbonato de cálcio, carbono, nitrogênio e fosfato.

Mod 002 NE 7530 0210 0343

Nele discute-se as possíveis inter-relações entre a concentração dos vários elementos e o ambiente de deposição, em particular, comparando a concentração e distribuição dos elementos-traço nas zonas de sedimentação organógena e de influência do rio São Francisco.

Os outros autores citados, desenvolveram pesquisas com o objetivo principal de investigar a evidência da ressurgência nos sedimentos da área compreendida entre as cidades do Rio de Janeiro e Itabapoana, realizando análises granulométricas, micropaleontológicas, geoquímicas (emissão espectrográfica para 30 elementos), carbono orgânico, organopalinofácies e mineralogia das argilas.

1.4 - Agradecimentos

Nesta oportunidade queremos externar os nossos agradecimentos às diversas Instituições que colaboraram para dar condições à realização da pesquisa.

Particularmente, agradecemos ao LAGEMAR/UFF - Banco Nacional de Amostras - na pessoa do geólogo Marcus de Aguiar Gorini, pelo fornecimento da maior parte das amostras selecionadas. Da mesma forma estamos gratos ao Prof. Luís Roberto Martins do CECO/UFRS, Prof. Valdemir Verosene Furtado do IO/USP, Prof. Jader Onofre de Morais do LABOMAR/UFCE e Profª Tereza de Jesus Barros da Silva do LABOHIDRO/UFMA, pela entrega do restante das amostras utilizadas. Ao Centro Nacional de Dados Oceanográficos da Diretoria de Hidrografia e Navegação, na pessoa do Comandante C.F. Paulo Roberto Valgas Lobo, pelo envio das listagens dos dados das amostras arquivadas em computador. Aos geólogos Marcio Rocha Mello e Paulo Cesar Gaglianone, do CENPES/PETROBRÁS, pela orientação na interpretação dos dados de carbono orgânico, organolitas e índice de alteração térmica. Ao geólogo Paulo da Nóbrega Coutinho pelas sugestões e fornecimento de bibliografia pertinente ao assunto.

Aos geólogos Marcio P. de Ataíde Costa, do LAGEMAR/UFF, pela revisão do texto e Jorge J. Cunha Palma, da DGM-DNPM/UFF, pelas sugestões para interpretação dos dados.

Ao CENPES/PETROBRÁS, na pessoa do Chefe da Divex, Dr. Guilherme de Oliveira Estrella, pelas facilidades e cooperação prestadas na análise de parte das amostras de carbono orgânico.

À SECIRM, na pessoa do Vice-Almirante Valbert Lisieux Medeiros de Figueiredo, pelo aporte financeiro à presente pesquisa.

Mod 002

NE 7530 0210 0343

CPRM

2 - DESCRIÇÃO GEOGRÁFICA E GEOLÓGICA DA ÁREA

2.1 - Localização

A área do Projeto (ver figura 1) engloba a plataforma continental brasileira, talude e regiões oceânicas adjacentes, desde o rio Oiapoque até o Arroio Chuí, dando seguimento aos levantamentos básicos realizados pelo Projeto REMAC e operações oceanográficas GEOMAR.

2.2 - Fisiografia da Margem Continental

A constituição fisiográfica da margem continental é caracterizada como do tipo Atlântico, passiva ou "rifted" (Palma, 1984). Segundo este autor, a plataforma continental constitui uma planície de largura variável, sub-horizontal, que se estende da face da praia ("shoreface") até o limite com o talude continental, onde ocorre um brusco aumento de declividade. Ela apresenta as maiores larguras do Golfão Amazônico (350 km), na região de Abrolhos (246 km) e no setor sudeste-sul, onde atinge 200 km, em frente de Santos-Cananéia. A plataforma nordeste e leste é geralmente estreita, com um mínimo de 8 km em frente a Salvador.

No setor norte da plataforma, coberturas lamosas provenientes do rio Amazonas ocupam a metade interna da plataforma ao norte do rio Pará. Elas vêm se depositando desde o Holoceno Médio (Kowsmann & Costa, 1979) e apresentam apenas ondulações morfológicas de pequenas amplitude e frequência. Ocorre o mesmo com as lamas depositadas na plataforma ao largo dos principais rios do setor nordeste-leste e em grandes extensões do setor sudeste-sul.

Bancos de areias transversais ou oblíquos à linha de costa, interpretados como produtos combinados do recuo da linha da costa, com a ação das correntes oceânicas, ocorrem em frente dos Golfões Amazônico e Maranhense associados ao recuo de estuários (Palma, 1984 op. cit.), ao largo do Cabo de

55

CPRM

ÁREA ESTUDADA

BRASIL

Território do Amapá

Rio Oiapoque

Rio Amazonas

BELÉM

Pará

Rio Pará

Rio Gurupi

SÃO LUIS

Rio Mearim

Maranhão

Rio Parnaíba

Piauí

FORTALEZA

Ceará

Rio Grande do Norte

NATAL

Paraíba

Pernambuco

RECIFE

Alagoas

Rio São Francisco

MACEIÓ

Sergipe

ARACAJU

SALVADOR

Bahia

Rio Pardo

Rio Doce

Espírito Santo

VITÓRIA

Rio de Janeiro

RIO DE JANEIRO

SANTOS

São Paulo

Paraná

Santa Catarina

FLORIANÓPOLIS

Rio Grande do Sul

Rio Jacuí

PORTO ALEGRE

L. Patos

URUGUAI

Rio de la Plata

200

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

1 - 4

2 - 4

3 - 4

4 - 4

BELÉM

FORTALEZA

RECIFE

SALVADOR

VITÓRIA

RIO DE JANEIRO

PORTO ALEGRE

52° 42° 40° 30° 28° 6° 0° 4° 12° 22° 35°

54° 40° 39° 35° 28°

5° 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35°

55° 50° 45°

Mod. 002

NE 7530 0210 0343

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DO PROJETO

São Tomé associados a cabos arenosos inconsolidados (Kowsmann & Costa, 1979, op. cit.) e junto ao litoral sul rio-grandense associados a restingas convexas (Figueiredo, 1975). Ao largo do Cabo de São Tomé e no litoral do Rio Grande do Sul escarpas acompanham as isóbatas de 60 e 110 metros [Kowsmann et alii (1976) e Kowsmann et alii (1979)]. Na plataforma do Rio Grande do Sul, Figueiredo, Jr. (op. cit.) descreveu um canal paralelo à borda da plataforma. Feições interpretadas como paleodeltas são encontradas na foz dos rios Gurupi e Paraíba do Sul (Palma, op. cit., Kowsmann & Costa, op. cit. e Gorini et alii, 1980).

2.3 - Fácies Sedimentares e Proveniência

As características de largura da plataforma e profundidade de sua borda refletem as condições de deposição - possivelmente associadas com comportamento tectônico - que têm prevalecido em cada setor da plataforma continental (Palma, 1984, op. cit.).

O setor norte é caracterizado pela predominância dos depósitos terrígenos (Kowsmann & Costa, op. cit.). Os esparsos sedimentos carbonáticos restringem-se principalmente à plataforma externa. Os minerais pesados revelam área-fonte primária rica em rochas básicas (augita e hornblenda basáltica) e metamórficas de médio e alto graus (cianita, estaurolita e andaluzita) (Kowsmann & Costa, op. cit.). As argilas provavelmente refletem uma fonte andina rica em ilita e montmorilonita (Kowsmann & Costa, op. cit.).

No setor nordeste-leste, a pequena largura da plataforma e sua borda mais rasa indicam que a progradação de sedimentos terrígenos não teve influência na modelação da plataforma (Palma, 1984, op. cit.). No nordeste predomina a fácies carbonática, com sedimentação terrígena desprezível (França, et alii, 1976). Desde o rio Parnaíba até Aracajú, ela é caracterizada por uma suíte rica em cianita, estaurolita, andaluzita e monazita (Kowsmann & Costa, op. cit.); este último

Mod. 002

NE 7530 0210 0345

mineral é proveniente dos corpos graníticos do Alto Granítico PE-AL (Coutinho & Coimbra, 1974). Augita, localizada entre Recife e Cabo do Santo Agostinho deve provir de rochas ígneas básicas deste último complexo. Entre as argilas predomina a montmorilonita com alguns trechos contendo caulinita (Kowsmann & Costa, op. cit.).

Na parte leste do setor nordeste-leste, os sedimentos biogênicos predominam na parte externa. Na desembocadura dos grandes rios observam-se os sedimentos terrígenos síltico argilosos. Na plataforma interna, parte leste, de um modo geral, é observado um acentuado índice de retrabalhamento. Nos bancos de Abrolhos e Royal Charlotte predominam recifes de algas incrustantes que constituem um relevo irregular (Kowsmann & Costa, op. cit.). Entre Salvador e Porto Seguro predominam os minerais cianita, estaurolita, monazita, andaluzita, com estaurolita subordinada, proveniente, este último mineral, provavelmente de diques básicos. Entre Porto Seguro e Caravelas a suíte mineralógica é composta pelos minerais andaluzita, silimanita e monazita, com os dois últimos minerais originados de granulitos, kinzigitos e granitos desta área. Nos Abrolhos a augita provém de rochas ígneas básicas aflorantes. Dentre os minerais de argila predomina o padrão caulinítico-ilítico, com montmorilonita no banco de Abrolhos refletindo as rochas ígneas básicas do local (Kowsmann & Costa, op. cit.).

No setor sul a plataforma continental apresenta dois domínios sedimentares bem definidos (Kowsmann & Costa, op. cit): terrígeno, na plataforma interna e média e carbonático na plataforma externa. Segundo estes autores, de Cabo Frio ao Arroio Chuí, os sedimentos terrígenos arenosos da plataforma interna apresentam acentuado retrabalhamento no último ciclo sedimentar. A plataforma externa é constituída de recifes algais, foraminíferos bentônicos e mistura de moluscos e briozoários. Dentre os minerais de argila predominantes destaca-se a montmorilonita, com trechos onde há mistura com ilita e caulinita.

3 - ESTUDO GEOQUÍMICO

3.1 - Aspectos Gerais sobre a Geoquímica dos Sedimentos, Aplicabilidade dos Elementos Químicos e Recursos Minerais do Mar

A geoquímica dos diferentes sedimentos reflete as variações nos processos de formação, devido à distribuição dos materiais e água sobre a terra, correntes aéreas e marinhas, rios, diferenciações climáticas, atividades biológicas, rochas-fonte, vulcanismo e liberação de gases da terra (Bostrom, 1972).

Segundo Degens (1972), a interpretação dos dados geoquímicos em sedimentos é complicada pela coexistência de uma grande variedade de constituintes orgânicos e inorgânicos, que, quimicamente falando, não são formados em equilíbrio uns com os outros. Atualmente, segundo o autor citado, os vários minerais e frações orgânicas podem entrar para os sedimentos em diferentes épocas geológicas e sob diferentes circunstâncias ambientais. Consequentemente, os compostos coexistentes em um sedimento são principalmente cogenéticos no sentido petrogenético, mas não no sentido físico-químico. A composição de um simples mineral tem geralmente mais significado geoquímico do que a soma química total do sedimento.

De acordo com Degens (op. cit.), podem ser distinguidos quatro tipos principais de membros finais (ver figura 2): 1) resíduos do intemperismo de rochas ígneas e metamórficas; 2) minerais formados a baixa temperatura na presença de água; 3) fases móveis; 4) constituintes orgânicos.

Krauskopf (1956) in Coutinho (op. cit.), mostrou o subsaturamento da água do mar em relação ao Al, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Ti, V, W e Zn, sugerindo que esses são seletivamente removidos da solução, pelos seguintes processos: a) associação com a matéria orgânica; b) fixação pelos organismos marinhos; c) precipitação; d) adsorção pelo material parti

culado, especialmente. Com relação ao item d, Degens, op. cit. acredita, no entanto, que a grande maioria dos minerais de argila nas rochas sedimentares não é afetada estrutural e quimicamente pelo ambiente de deposição e que o nível de troca de ions é especialmente de pequena escala. O autor comenta que isto não significa que a média dos minerais de argila não possa se ajustar quimicamente ao ambiente de deposição, com a troca de algum elemento no ambiente aquoso envolvente. Enfatiza a habilidade dos minerais de argila do grupo da montmorilonita, em reter constituintes orgânicos, devido à sua elevada superfície interna e a conservação destes materiais orgânicos com o tempo, e ainda, o enigma da estabilidade de certos compostos químicos termodinamicamente instáveis permanecerem em rochas antigas. No processo causador da deposição e solução dos minerais carbonatados nos ambientes singenéticos, é discutida a importância geoquímica dos elementos Ca, Mg e Sr, a sua relação com o tempo, com fatores ambientais químicos e físicos, tais como a salinidade e temperatura e sobre a biogeoquímica do magnésio e estrôncio.

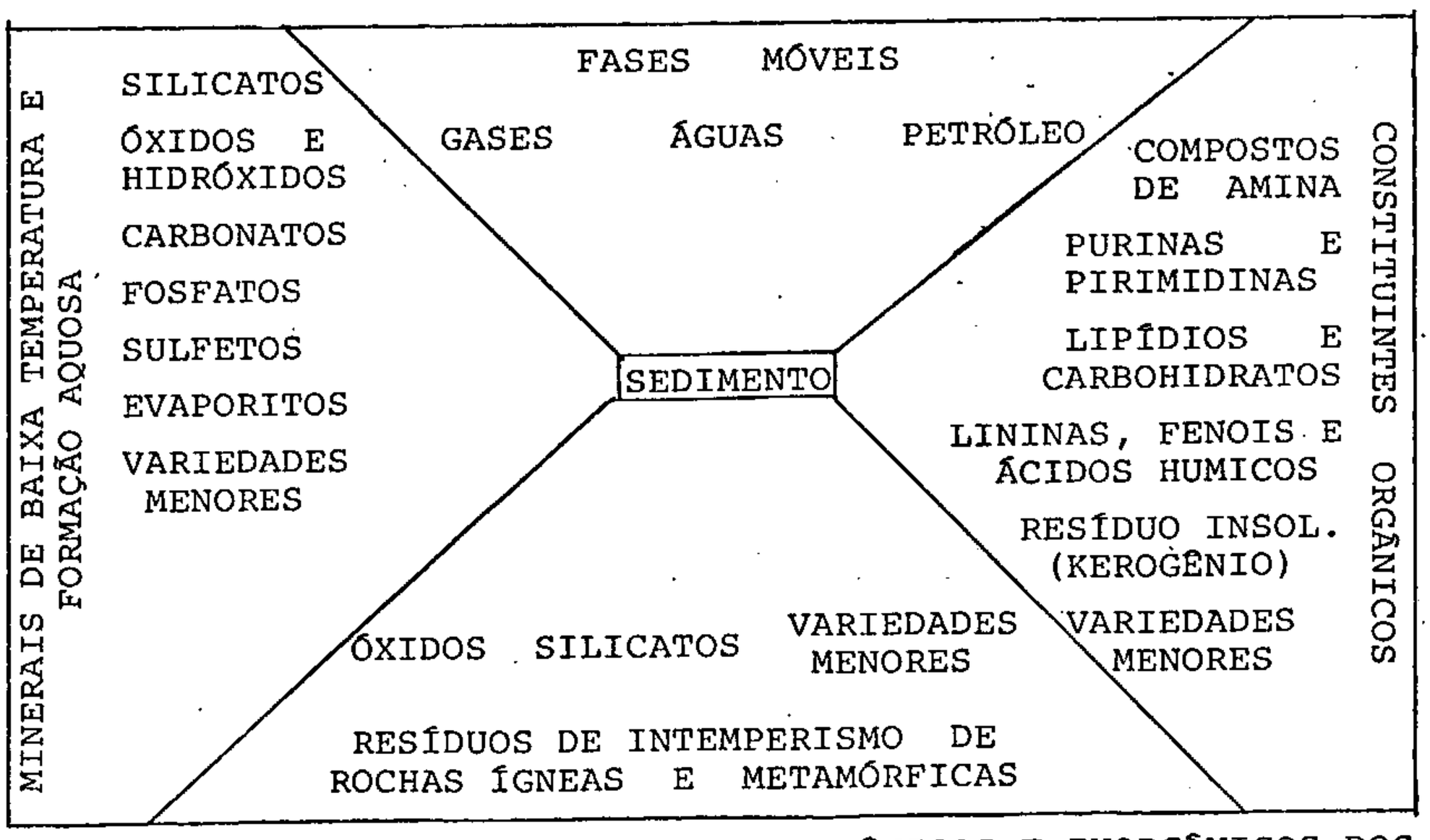


Fig. 2 - TERMOS FINAIS PRINCIPAIS ORGÂNICOS E INORGÂNICOS DOS SEDIMENTOS (Fonte: Degens, 1972)

Slatt (1975) e Slatt & Sasseville (1976) estudando os sedimentos marinhos, concluiram que a composição química dos sedimentos é regulada pela sua textura, ambiente de deposição, proporção dos elementos silicatados e não silicatados e fonte (ver figura 3). Acrescentaram que a química dos elementos-traço é um reflexo de primeira ordem na composição das litologias da área-fonte, porque a maior concentração dos elementos presentes ocorre nos sítios estruturais dos minerais. Por estas razões, a química dos elementos-traço pode ser usada para estudos de proveniência, exploração mineral e estratigrafia marinha quaternária.

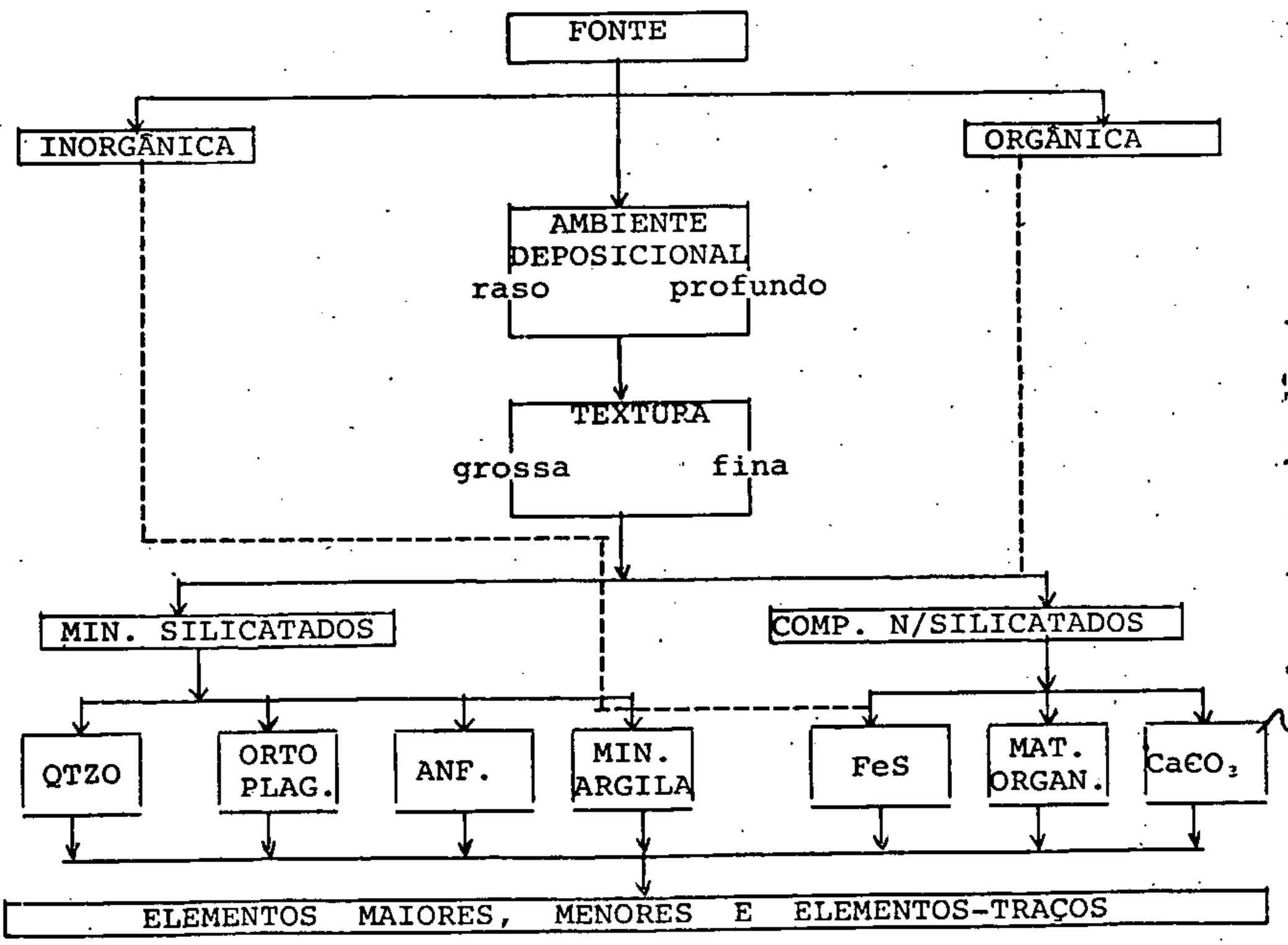


Fig. 3 - ILUSTRAÇÃO ESQUEMÁTICA ENTRE OS FATORES QUE CONTROLAM A GEOQUÍMICA DOS SEDIMENTOS MARINHOS

Fonte: Slatt & Sasseville

A aplicação da geoquímica com o objetivo de pesquisa dos recursos minerais marinhos foi discutida por Siegel (1971). O autor prevê diversos estágios da aplicação da prospecção geoquímica envolvendo a exploração mineral marinha. Suguio (1980) discorre sobre o aproveitamento das rochas sedimentares na geologia econômica, incluindo as substâncias passíveis de serem extraídas no ambiente marinho. Piketty (1981), expôs sobre a possibilidade de exploração dos fundos oceânicos, que estão em grande parte inexplorados. A tabela 1 a seguir, mostra o número de substâncias minerais que podem ser extraídas no ambiente marinho.

Entre os exemplos de estudos de recursos minerais no mar, podemos citar os trabalhos de Clifton et alii (1967) e Moore & Silver (1968), para ouro; Holmes (1969), Hill & Parker (1970), Yim & Phil (1975), Jones & Davis (1979) e Bezrodnykh (1979), para estanho, titânio, zircônio, ouro e chumbo; Suttherland (1982), para diamante; Degens, Khoo e Michaelis (1977) para urânio no Mar Negro; Cronan (1978) e Cronan & Thompson (1978) para Mn, Fe, Cu, Pb, Zn, Ni, etc., em sedimentos hidrotermais submarinhos.

3.2 - Metodologia

3.2.1 - Coleta das Amostras

Os métodos de amostragem, geralmente estão descritos nos relatórios das diversas operações realizadas. Uma exposição sobre os métodos de coleta e análise dos sedimentos marinhos está presente no trabalho de Kowsmann et alii (1983). Em linhas gerais, três tipos de equipamentos foram utilizados na coleta dos sedimentos superficiais: 1) amostrador "Phipps" - operado com o navio em movimento; 2) busca-fundo "Van Veen" - funciona com o navio parado e tem maior capacidade de reter sedimentos arenosos que o amostrador "Phipps"; 3) dragas cilíndricas - adequadas para a amostragem de fundos biodetríticos e afloramentos de rocha.

Mod. 002

NE 7530 0210 0343

Tabela 1 - DEPÓSITOS MINERAIS E SUA LOCALIZAÇÃO EM AMBIENTE MARINHO (Siegel, 1971)

ZONA	SUBSTÂNCIAS DE INTERESSE
Praias	Depósitos de "placer" de ouro, platina, diamantes, magnetita, ilmenita, zircão, rutilo, columbita, cromita, cassiterita, scheelita, wolframita, monazita, quartzo, carbonato de cálcio, areia e cascalho.
Plataforma Continental	Depósitos de conchas calcárias, corais preciosos, fosforita, glauconita, nódulos de sulfato de bário, areia e cascalho; depósitos de "placer" em vales de rios submersos ou cassiterita, Pt, Au e outros minerais.
Rochas de Fundo Oceânico	Óleo, gás, enxofre, sal, carvão, depósitos de ferro e outros depósitos minerais em veios e outras formas semelhantes às rochas em terra.
Água do Mar	Sal comum, metal de magnésio, compostos de magnésio, bromo, potássio, soda, gesso, água desalinisada, água pesada e, potencialmente, enxofre, estrôncio e sais de boro. Diversos outros elementos são encontrados na água do mar e através de métodos de extração recentemente desenvolvidos, a água do mar é uma fonte potencial para urânio, molibdênio e outros.
Fundo do Mar	Nódulos de manganês - como uma fonte de manganês, ferro, níquel, cobalto, cobre, molibdênio, vanádio e, possivelmente muitos outros metais. Salmouras quentes e sedimentos associados - como uma fonte de ouro, prata, cobre, zinco, chumbo e, possivelmente muitos outros metais. Restos de Animais - como uma possível fonte de fosfatos e metais, tais como estanho, chumbo, prata e níquel. Argilas - para usos de estrutura e possivelmente também para alumina, cobre, cobalto, níquel e outros metais. Colônias calcárias - como cimento de rocha e outras aplicações como carbonato de cálcio. Colônias silicosas - como silica e em aplicações como terra diatomácea. Zeolitos - como uma fonte de potássio.

Mod. 002

NE 7530 0210 0343

3.2.2 - Seleção das Amostras

A pesquisa foi realizada com as amostras coletadas durante as expedições marinhas realizadas até a data do início do Projeto. Na primeira fase foram selecionadas as amostras das expedições GEOMAR de I a XX, realizadas pelas seguintes Instituições: LABOHIDRO (UFMA), LABOMAR (UFCE), LAGEMAR (UFF), IO (USP), CECO (UFRS) e CPRM-DHN (Operação Cabo Frio). Nesta fase foram selecionadas 1824 amostras. Na segunda fase, foram selecionadas 110 amostras do Projeto REMAC nas áreas onde não existiam amostras das operações GEOMAR.

3.2.3 - Preparação das Amostras e Técnicas Analíticas

3.2.3.1 - Britagem, Pulverização e Peneiramento

As amostras dos sedimentos inconsolidados foram desagregadas e peneiradas a menos 80 mesh, quarteadas e pulverizadas a menos 150 mesh. Os sedimentos consolidados, como os recifes de corais, foram britados a menos 10 mesh, quarteados e pulverizados em moinho de discos de porcelana a menos 150 mesh. Para a análise do carbono orgânico o sedimento é pulverizado a 80 mesh, tomando-se cerca de 0,25g para determinação analítica.

3.2.3.2 - Métodos Analíticos

- Emissão Espectrográfica e Semi quantitativa para 30 Elementos

As amostras foram analisadas pelo método de emissão espectrográfica semiquantitativa para 30 elementos. Foi utilizado o espectrógrafo Wadsworth 1.5 da Jarrel-Ash. Os limites de detecção (máximos e mínimos) estão na tabela 2.

- Determinação do Teor de Carbono Orgânico

Tabela 2 - LIMITES DE DETECÇÃO DOS ELEMENTOS ANALISADOS PELO MÉTODO DE EMISSÃO ESPECTROGRÁFICA

ELEMENTO	LIMITE INFERIOR DE DETECÇÃO	LIMITE SUPERIOR DE DETECÇÃO	ELEMENTO	LIMITE INFERIOR DE DETECÇÃO	LIMITE SUPERIOR DE DETECÇÃO
Fe *	0,05	20	Cu	5	20.000
Mg *	0,02	10	La	20	1.000
Ca *	0,05	20	Mo	5	2.000
Ti *	0,002	1	Nb	10	2.000
Mn	10	5.000	Ni	5	5.000
Ag	0,5	5.000	Pb	10	20.000
As	200	10.000	Sb	100	10.000
Au	10	500	Sc	5	100
B	10	2.000	Sn	10	1.000
Ba	20	5.000	Sr	100	5.000
Be	1	1.000	V	10	10.000
Bi	10	1.000	W	50	2.000
Cd	20	500	Y	10	200
Co	5	2.000	Zn	200	10.000
Cr	10	5.000	Zr	10	1.000

* - Elementos com valores em %. Os restantes estão registrados em ppm.

Inicia-se pela descarbonatização, atacando a amostra com acído clorídrico (HCl 2N). O material insolúvel é lavado para eliminação dos cloretos, secado em estufa (80º - 100ºC) e pesado. Adiciona-se aceleradores (Fe, Sn ou Cu) e coloca-se nos queimadores LECO-WR-12.

Basicamente, o processo consiste em queimar a amostra a 1600ºC, fazendo-se a medida do CO_2 liberado pela matéria orgânica. Os teores são medidos em percentagem.

As determinações do carbono orgânico das amostras da 1ª fase do Projeto foram realizadas no laboratório do CENPES/PETROBRÁS, enquanto que as amostras da fase final foram analisadas no LAMIN/CPRM.

- Organopalinologia

Dentro do que se constitui a organopalinologia, foram realizados estudos de organopalinofácies e paleotermometria.

. Organopalinofácies - estudos com luz transmitida

As organolitas (matéria orgânica restante nas rochas sedimentares após tratamento químico) são montadas em lâminas de microscopia, com bálsamo do Canadá. A análise é feita em luz transmitida e com aumento entre 200 x e 400 x, o que permite determinar a qualidade da matéria orgânica. Para tanto, a matéria orgânica é classificada em:

MOVI - matéria orgânica vegetal indeterminada
MOVT - matéria orgânica vegetal traqueídica
MOVL - matéria orgânica vegetal lenhosa
MOVC - matéria orgânica vegetal celular
MOSC - matéria orgânica sub-coloidal

. Paleotermometria - estudos com luz transmitida

Através da coloração e preservação das organolitas, pode-se avaliar a temperatura máxima a que estas foram submetidas. Isto fornece subsídios para o estabelecimento de índices de alteração térmica (IAT).

De posse do IAT pode-se estabelecer uma correspondência entre estes índices e os estágios diagenéticos alcançados pelas organolitas.

3.2.4 - Laboratório e Pessoal Responsável

Os serviços de laboratório foram feitos pelo LAMIN/CPRM. No entanto, na primeira fase do Projeto, o carbono orgânico foi analisado no CENPES/PETROBRÁS. As análises solicitadas foram executadas pelos seguintes técnicos: espectrografia de emissão: Cecília M. Coelho e Maria Lúcia Lemos; Organopalinologia completa: Norma Maria da Costa Cruz e Luis Victor Bauduin; Carbono Orgânico - 1ª fase: Maria Auxiliadora T. Belo; 2ª fase: Ewerton Marques de Gouveia.

3.2.5 - Processamento de Dados

Como ferramenta auxiliar na interpretação dos dados geoquímicos foi utilizado o Sistema Estatístico de Amostragem Geoquímica (SEAG) da CPRM. Constitui-se em um sistema de armazenamento, recuperação e de tratamento estatístico de dados.

A partir do arquivo de dados (ver Apêndice) recupera-se seletivamente as amostras por tipo de material (fácies) e executa-se programa de estatística uni e multivariada e mapas de localização via impressora. A figura 4 mostra o fluxograma do tratamento estatístico utilizado para o trabalho.

Mod. 002

NE 7530 0210 0343

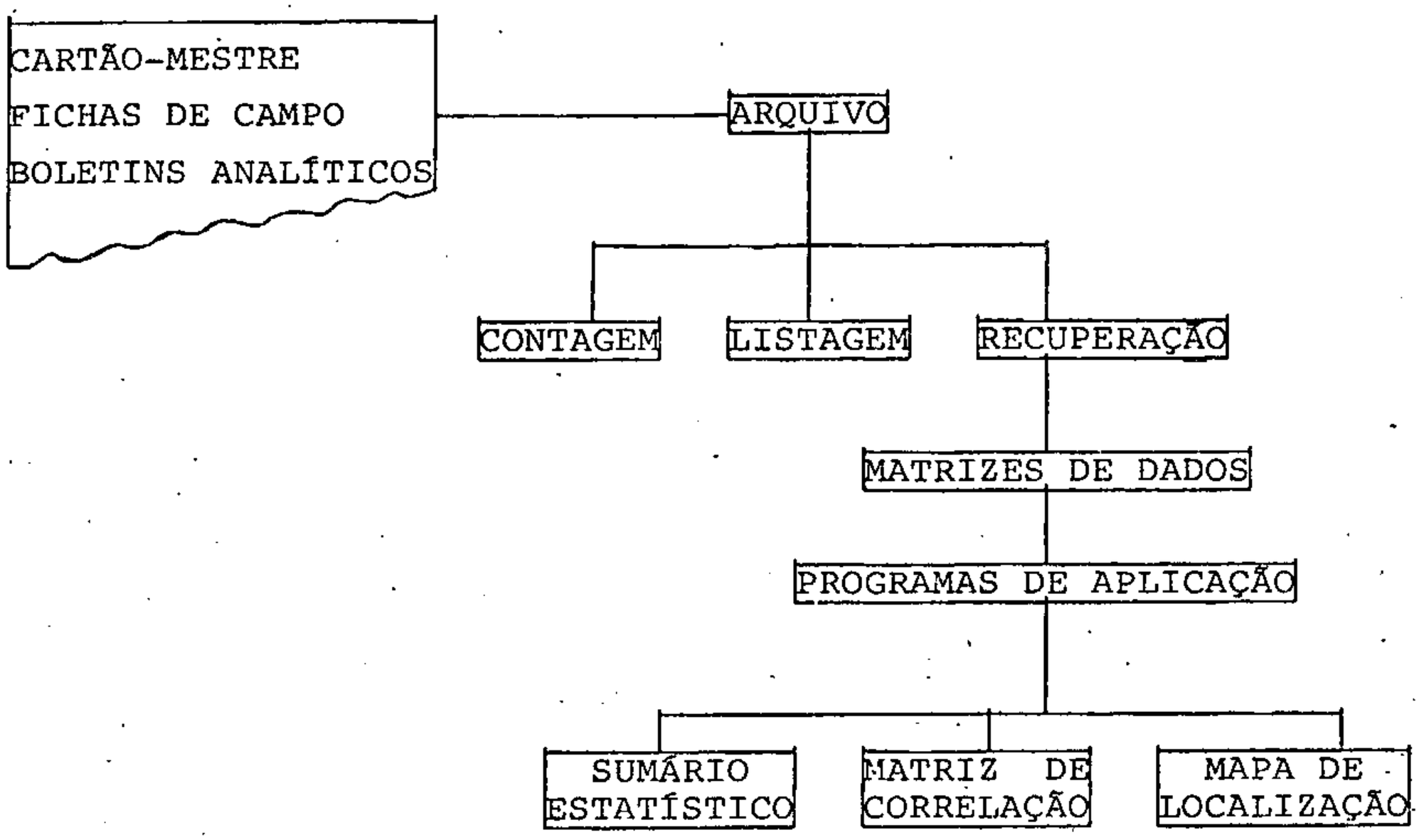


Fig. 4 - PROCESSAMENTO DE DADOS - FLUXOGRAMA

4 - AVALIAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

4.1 - Introdução

A utilização do método de emissão espectrográfica para 30 elementos, permitiu uma avaliação consistente dos dados geoquímicos. Os elementos Fe, Mg, Ca e Ti são registrados em percentagens (%). Os demais elementos estão representados em partes por milhão (ppm). A baixa detecção impediu o tratamento estatístico de Ag, As, Au, Bi, Cd, Sb, Mo, Sn, W e Zn. Não foram consideradas para os cálculos as amostras com teores abaixo e acima do limite de detecção. Adicionalmente foram executadas análises complementares de carbono orgânico (C. Org.), índice de alteração térmica (IAT), paleotermometria e organopalinofácies, em partes das amostras, visando a determinação da matéria orgânica.

4.2 - Critérios para Interpretação

No presente trabalho, os sedimentos superficiais foram divididos em três populações-alvo. Foi adotado o critério citado por Amaral (1979), de que os três principais tipos de sedimentos da margem continental são: terrígenos quartzo feldspáticos, terrígenos síltico argilosos e carbonáticos. Como existe uma gradação para cada tipo de material, a seleção foi realizada de acordo com o material predominante nas amostras. Foram utilizadas as informações gerais dos dados geológicos do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). Desta forma, tentou-se homogeneizar as informações com o agrupamento dos dados para definir os principais tipos de materiais que ocorrem na margem continental. Sabe-se, no entanto, que uma melhor avaliação dos dados seria alcançada, se houvesse uma maior divisão dessas populações, para uma completa caracterização geoquímica dos sedimentos. As citadas variações faciológicas constituem, na verdade, misturas

complexas de grande parte das populações objetivadas, o que torna difícil uma separação mais abrangente. Nesse caso, o tipo de discriminação adotado, deve atender aos objetivos do presente trabalho, entre os quais é mostrar as variações regionais existentes dentro dos sedimentos terrígenos e carbonáticos da margem continental brasileira.

Após a fase inicial de avaliação dos dados, foi procedida a sua apresentação sob a forma de mapas de símbolos, caracterizando os elementos químicos de acordo com as unidades faciológicas predominantes. Esses mapas de distribuição geoquímica foram confeccionados na escala 1:2.000.000, a partir dos mapas batimétricos da PETROBRÁS para o Projeto REMAC. Cada ponto de coleta tem uma simbologia que identifica o tipo de material predominante. Desse modo, materiais com maior quantidade de sedimentos terrígenos quartzo feldspáticos terão um losango ($\Diamond$) como símbolo; de sedimentos com predominância de materiais terrígenos síltico argilosos estão representados por um triângulo ($\triangle$) e os sedimentos com dominância de material carbonático, o símbolo será o quadrado ($\square$). A faixa de concentração de cada elemento foi dividida em cinco intervalos, que serão representados dentro de cada símbolo (ver os mapas de distribuição geoquímica). Cada intervalo corresponde a aproximadamente os seguintes parâmetros: (valor mínimo a $\bar{X} \cdot S^{-1}$; $\bar{X}S^{-1}$ a $\bar{X}$; $\bar{X}$ a $\bar{X}S^{-1}$; $\bar{X}S^{1}$ a x^{2}; $\bar{X}S^{2}$ ao valor máximo) sendo que $\bar{X}$ significa a média geométrica e S, o desvio padrão. Para facilitar a plotagem utilizou-se dos mapas de localização, por computador.

Cada mapa contém dois elementos. Houve necessidade dessa representação para reduzir o número total de mapas. Esses elementos foram agrupados levando-se em consideração as suas afinidades geológico-geoquímicas. Foi escolhido um elemento denominado de principal, que está representado em toda a sua amplitude. O elemento denominado secundário, está representado apenas nos dois intervalos mais elevados. Essa representação foi feita para dar uma melhor visualização ao mapa. As duas faixas estão indicadas por um círculo cir

cunscrito ao símbolo que identifica o ponto de coleta. Quando o círculo estiver em branco significa a quarta faixa geoquímica; se estiver hachurado indica a faixa geoquímica mais elevada (5ª). Maiores detalhes encontram-se nos mapas de distribuição. Deve ser salientado que a concentração de cada par de elementos é relatada de forma descritiva, nas Notas Explicativas que acompanham os Mapas de Distribuição. Quando possível, é feita a correlação entre as concentrações e os minerais que ocorrem em cada área, e a influência de correntes marinhas na dispersão dos elementos na margem continental.

Os mapas de carbono orgânico (C. Org.) e organopalinologia tiveram suas simbologias modificadas para facilitar a visualização. Utilizou-se um círculo para representar o ponto de coleta, inscrevendo-se nele a representação dos parâmetros considerados a partir dos histogramas de frequência, conforme a tabela 3 abaixo.

Tabela 3 - SIMBOLOGIA PARA REPRESENTAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA

ORGANOPALINOLOGIA	CARBONO ORGÂNICO		
	< 0,5%	entre 0,5 e 1,0%	> 1,0%
SEM ANÁLISE ORGANOPALINOLÓGICA	⊘	⊘	⊗
PREDOMINÂNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA DO TIPO III (MOVI + MOVT + MOVL)	◶	⊖	⊕
PREDOMINÂNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA DO TIPO II (MOVC + MOSC)	◔	◑	●

MOVI - Matéria Orgânica Vegetal Indeterminada

MOVT - Matéria Orgânica Vegetal Traqueídica

MOVL - Matéria Orgânica Vegetal Lenhosa

MOVC - Matéria Orgânica Vegetal Celular

MOSC - Matéria Orgânica Sub-Coloidal

Após esta fase inicial de avaliação dos dados, foi confeccionado um mapa síntese. Esse mapa contém associações geoquímicas mais expressivas em cada trecho da margem continental. Elas foram agrupadas a partir dos elementos com teor

acima do alto "background" ($> \bar{X}S^1$). Esse mapa, em escala 1:3.500.000, apresenta um fundo batimétrico.

4.3 - Sumário das Estatísticas

As tabelas 4, 5, 6 e 7, resumem os principais parâmetros estimados para a Área Total e os três principais tipos de materiais discriminados. Esses parâmetros são resultantes do processamento eletrônico a que foram submetidos os dados do Projeto, e cabe aqui esclarecer o significado conferido a cada um dos itens constituintes dos Sumários:

A) Intervalo de variação: especifica os valores mínimos e máximos atingidos por cada elemento analisado;
B) Médias aritmética e geométrica: teor ou valor médio correspondente ao "background" e adotado como estimador de tendência central diante da suposição de comportamento normal e lognormal;
C) Desvios padrões aritmético e geométrico: medidas do coeficiente de dispersão em torno da média, servindo para classificar os valores ou faixa de valores em termos de afastamento da média;
D) Coeficiente de variação: foi computado a partir da relação média geométrica/desvio geométrico, ilustrando, portanto, a relatividade nas oscilações das observações;
E) Grau de detecção: refere-se ao número de valores definidos em relação ao total dos valores analisados quimicamente para determinada variável, sendo expresso em percentagem.

Em linhas gerais, é observado um maior teor médio ("background regional") para a maioria dos elementos, nas amostras com predominância de material terrígeno síltico argiloso. Essas lamas geralmente se localizam nas plataformas média e interna, preenchendo canais, ao largo dos grandes rios e no talude continental. Há que se considerar que esses elementos podem ter sido removidos da água por processos de adsorção, notadamente nas argilas expansivas do tipo mont

Tabela 4 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO - ÁREA TOTAL

ELEMENTOS	PARÂMETROS							
	VALORES		MÉDIA ARITM.	DESVIO PADRÃO ARITM.	MÉDIA GEOM.	DESVIO PADRÃO GEOM.	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	GRAU DE DETECÇÃO
	mín.	máx.						
Fe *	0,05	10	1,42	2,73	0,66	3,47	1,92	94
Mg *	0,02	5	0,71	0,92	0,43	2,71	1,30	100
Ca *	0,07	20	6,65	20	2,07	4,62	3,07	79
Ti *	0,002	1	0,30	0,81	0,10	4,32	2,74	96
Mn	10	5000	228	320	132	2,84	1,41	96
B	10	700	36	28	29	1,99	0,78	94
Ba	20	2000	158	158	112	2,30	1,00	90
Be	1	50	1,41	0,79	1,23	1,69	0,56	11
Co	5	50	9,70	5,11	8,58	1,64	0,53	37
Cr	10	200	33	22	27	1,86	0,69	82
Cu	5	500	12	7,80	10,33	1,79	0,64	69
La	20	150	32	15	29	1,55	0,46	44
Nb	10	15	10,31	1,03	10,26	1,11	0,10	7
Ni	5	70	15	12	12	2,01	0,80	59
Pb	10	500	16	7,65	15	1,56	0,47	68
Sc	5	15	8,00	2,93	7,52	1,43	0,37	38
Sr	100	5000	937	1283	552	2,80	1,37	84
V	10	300	37	33	27	2,15	0,89	89
Y	10	100	16	5,48	15	1,40	0,35	55
Zr	10	1000	149	205	88	2,80	1,38	92
C (Org) *	0,01	2,09	0,48	0,40	0,37	2,06	0,83	100

* = elementos com valores em %. Os restantes estão registrados em ppm.

- grau de detecção: relação (nº de amostras detectadas/total de amostras) em %.

Tabela 5 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO

SEDIMENTOS TERRÍGENOS QUARTZO FELDSPÁTICOS

ELEMENTOS	PARÂMETROS							
	VALORES		MÉDIA ARITM.	DESVIO PADRÃO ARITM.	MÉDIA GEOM.	DESVIO PADRÃO GEOM.	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	GRAU DE DETECÇÃO
	mín.	máx.						
Fe *	0,05	10	1,20	1,98	0,62	3,16	1,63	97
Mg *	0,02	5	0,43	0,49	0,27	2,51	1,15	100
Ca *	0,07	20	5,17	13	1,86	4,18	2,60	92
Ti *	0,005	1	0,23	0,38	0,12	3,12	1,63	98
Mn	10	5000	211	238	140	2,48	1,13	99
B	10	150	29	20	24	1,83	0,70	91
Ba	20	2000	161	159	115	2,28	0,99	97
Be	1	50	1,66	1,30	1,30	2,02	0,80	8
Co	5	20	7,81	3,43	7,16	1,52	0,44	35
Cr	10	200	30	21	25	1,88	0,70	74
Cu	5	150	12	7,11	9,81	1,77	0,62	75
La	20	150	30	13	27	1,52	0,44	44
Nb	10	15	11	1,33	10,4	1,14	0,12	5
Ni	5	70	12	7,61	9,73	1,82	0,66	58
Pb	10	70	15	5,18	13,80	1,41	0,35	65
Sc	5	15	6,73	1,87	6,48	1,31	0,28	33
Sr	100	500	587	603	409	2,34	1,03	79
V	10	300	32	25	25	2,01	0,79	94
Y	10	100	15	4,97	14	1,39	0,34	52
Zr	10	1000	173	230	103	2,76	1,34	97
C (Org) *	0,01	0,99	0,38	0,38	0,27	2,32	1,01	100

* - elementos com valores em %. Os restantes estão registrados em ppm.

- grau de detecção: relação (nº de amostras detectadas/total de amostras) em %.

CPRM

Tabela 6 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO

SEDIMENTOS TERRÍGENOS SÍLTICO-ARGILOSOS

ELEMENTOS	PARÂMETROS							
	VALORES		MÉDIA ARITM.	DESVIO PADRÃO ARITM.	MÉDIA GEOM.	DESVIO PADRÃO GEOM.	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	GRAU DE DETECÇÃO
	mín.	máx.						
Fe *	0,2	5	2,42	1,21	2,16	1,61	0,50	100
Mg *	0,1	5	0,64	0,32	0,57	1,61	0,50	100
Ca *	0,07	20	3,11	8,13	1,09	4,29	2,71	97
Ti *	0,05	1	0,49	0,31	0,41	1,79	0,63	99
Mn	50	1500	294	174	252	1,73	0,59	99
B	10	150	46	25	40	1,66	0,54	100
Ba	70	500	152	68	138	1,54	0,45	100
Be	1	2	1,18	0,27	1,15	1,25	0,23	34
Co	5	50	12	6,31	11	1,62	0,52	94
Cr	10	100	49	24	44	1,59	0,49	98
Cu	5	70	15	7,54	13	1,62	0,52	94
La	20	100	38	17	34	1,54	0,46	85
Nb	10	15	10,17	0,77	10,15	1,08	0,08	20
Ni	5	70	25	13	23	1,63	0,52	98
Pb	10	70	16	5,72	16	1,40	0,35	97
Sc	5	15	9,75	3,50	9,18	1,42	0,36	95
Sr	100	5000	340	299	2,55	0,14	0,88	86
V	10	200	70	34	63	1,58	0,49	100
Y	10	50	18	5,71	17	1,36	0,32	97
Zr	50	1000	146	104	118	1,91	0,72	99
C (Org) *	0,08	2,09	0,54	0,32	0,47	1,73	0,59	100

* - elementos com valores em %. Os restantes estão registrados em ppm.

- grau de detecção: relação (nº de amostras detectadas/total de amostras) em %.

Mod. 002

NE 7530 0210 0345

Tabela 7 - SUMÁRIO ESTATÍSTICO - SEDIMENTOS CARBONÁTICOS

ELEMENTOS	PARÂMETROS							
	VALORES		MÉDIA ARITM.	DESVIO PADRÃO ARITM.	MÉDIA GEOM.	DESVIO PADRÃO GEOM.	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	GRAU DE DETECÇÃO
	mín.	máx.						
Fe *	0,05	5	0,58	0,98	0,29	3,23	1,72	80
Mg *	0,03	5	1,35	1,51	0,90	2,47	1,12	100
Ca *	0,15	20	16	18	11	2,49	1,14	38
Ti *	0,002	1	0,06	0,15	0,02	3,99	2,40	89
Mn	10	2000	153	303	68	3,58	2,02	- 84
B	10	700	45	40	33	2,17	0,91	97
Ba	20	2000	147	206	85	2,85	1,41	70
Be	1	20	1,88	1,68	1,37	2,30	1,00	3
Co	5	15	6,90	2,50	6,50	1,43	0,37	6
Cr	10	100	26	15	22	1,69	0,57	88
Cu	5	500	10	7,81	8,4	1,96	0,75	38
La	20	100	27	11	25	1,47	0,40	17
Nb	-	-	-	-	-	-	-	-
Ni	5	50	8,06	4,33	7,10	1,66	0,54	36
Pb	10	500	21	16,30	16	2,01	0,79	55
Sc	5	10	6,04	1,46	5,87	1,27	0,24	9
Sr	150	5000	1860	1346	1507	1,92	0,73	94
V	10	100	19	11	16	1,72	0,58	70
Y	10	50	14	4,96	14	1,40	0,35	35
Zr	10	1000	76	105	44	2,84	1,40	77
C (Org) *	0,08	0,92	0,34	0,26	0,26	2,04	0,81	100

* - elementos com valores em %. Os restantes estão registrados em ppm.

- o Nb não foi detectado nestes tipos de materiais.
- grau de detecção: relação (nº de amostras detectadas/total de amostras) em %.
- o baixo grau de detecção do cálcio refere-se principalmente às amostras acima do limite de detecção do método de emissão espectrográfica semiquantitativa (acima de 20%).

morilonita ou, secundàriamente, nas argilas ilíticas muito comuns nas lamas fluviais. Existe também a possibilidade desses elementos serem herdados das argilas.

Os elementos Ca, Mg, Sr, Pb e Be apresentam teor médio mais elevado nos sedimentos com predominância de material carbonático, sendo os três primeiros elementos bons indicadores de sedimentos biogênicos. O cálcio, conforme citado por Coutinho, op. cit., na Plataforma Alagoas-Sergipe, e observado neste trabalho em outros locais, reflete claramente o contraste entre a sedimentação terrígena e os sedimentos biogênicos ricos em cálcio. Milliman (1974), citado por Coutinho, op. cit. observa que o magnésio é susceptível de se concentrar em organismos marinhos como equinodermas, algas, etc, sofrendo inclusive variações na concentração das algas coralíneas, por mudança de temperatura do ambiente e do mecanismo dos organismos. O estrôncio também é passível de se fixar em organismos marinhos recentes e em rochas calcárias dolomitizadas e dolomitos (Vlasov, 1966). Com relação ao chumbo e berílio não se observam grandes discrepâncias no teor médio das rochas carbonáticas, quando comparadas com os outros dois materiais estudados, tendo inclusive menor detecção nos sedimentos carbonáticos do que nos materiais com predominância de argilas. Sabe-se que o carbonato estável de chumbo é desagregado ou levado em solução como bicarbonato moderadamente solúvel e é carreado para o mar (Morris et alii - 1973), podendo ser incorporado aos organismos marinhos. Observa-se que os maiores depósitos produtivos de chumbo são aqueles encontrados em rochas sedimentares, principalmente calcários e dolomitos (Morris op. cit.). Quanto ao berílio, apesar da pouca mobilidade, águas altamente ácidas, ou carbonatadas, ou mesmo ricas em sal, podem causar pequena migração do berílio (Griffits, 1973). No entanto, segundo Vlasov op. cit. o teor de berílio em rochas calcárias estudadas parece provir da fração argilosa.

Cabe salientar a baixa detectabilidade do nióbio, não tendo sido encontrado inclusive nos sedimentos com predomi

nância de material carbonático, o que demonstra a sua incompatibilidade com os sedimentos organógenos.

4.4 - Histogramas

Os histogramas apresentados nas figuras 5, 6 e 7, fornecem uma visão sobre quantas vezes se repetem determinados intervalos de valores, bem como exibem a interrelação entre a distribuição de cada elemento e os parâmetros estatísticos utilizados na classificação dos resultados. Os histogramas foram construídos com os resultados expressos nas tabelas de frequência, com intervalos de classe definidos de acordo com o intervalo logaritmo por "sixsteps" lançado no eixo das abscissas e com o número de observações em forma de percentagens no eixo das ordenadas.

O conjunto desses dados mostra que elementos com baixo grau de detecção como o nióbio, lantânio, ytrio e berílio apresentam-se, nas três populações estudadas, com poucos intervalos de classe e histogramas unimodais assimétricos para valores baixos. A maioria dos elementos restantes exibe a distribuição bimodal e em menor proporção, trimodal. Estes tipos de distribuições polimodais são interpretadas como a mistura dos principais tipos de materiais terrígenos e carbonáticos que ocorrem no ambiente marinho. Podemos destacar como exemplo o caso do cálcio, em que os intervalos de classe com teores mais elevados nos três histogramas são interpretados como contribuição da fração carbonática.

4.5 - Matrizes de Correlação

Os coeficientes de correlação das matrizes da tabela 8 estabelecem o relacionamento entre cada par de variáveis analíticas, indicando as relações diretas (correlação positiva), inversão (correlação negativa), ou mesmo uma completa independência (correlação igual a zero). Foi considerado, subjetivamente, que uma correlação é elevada quando o coeficiente de correlação é superior a 0,6. Os coeficientes

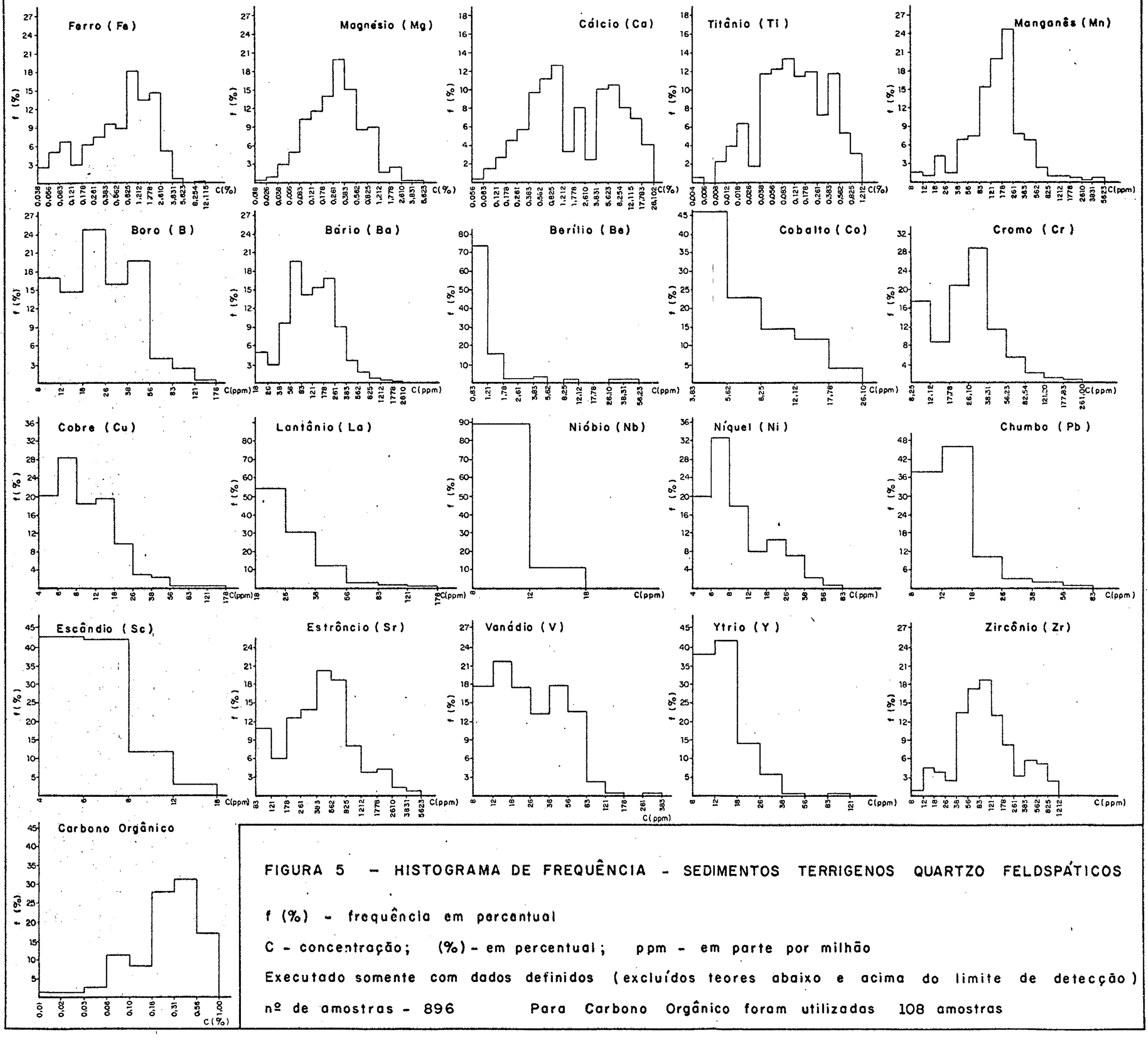


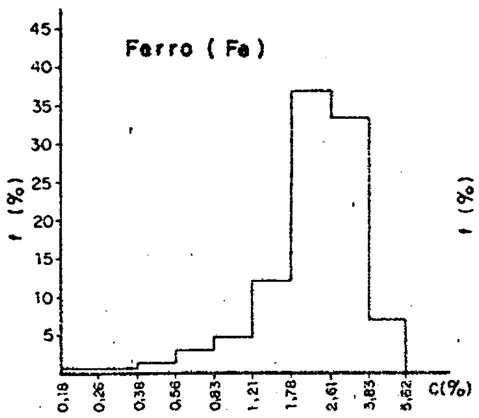
FIGURA 5 - HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA - SEDIMENTOS TERRIGENOS QUARTZO FELDSPÁTICOS

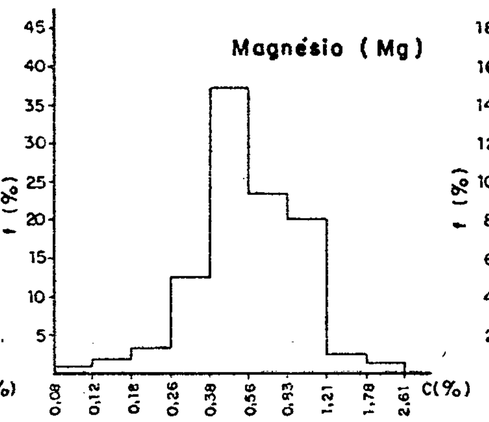
f (%) - frequência em percentual

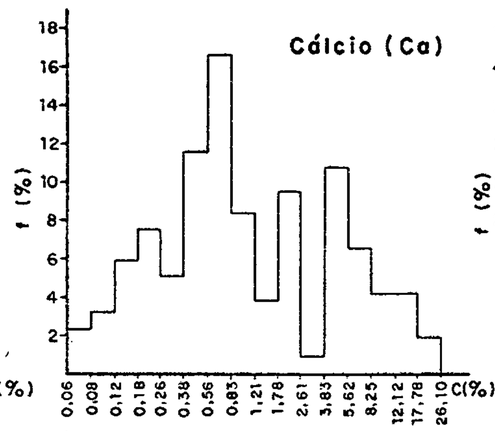
C - concentração; (%) - em percentual; ppm - em parte por milhão

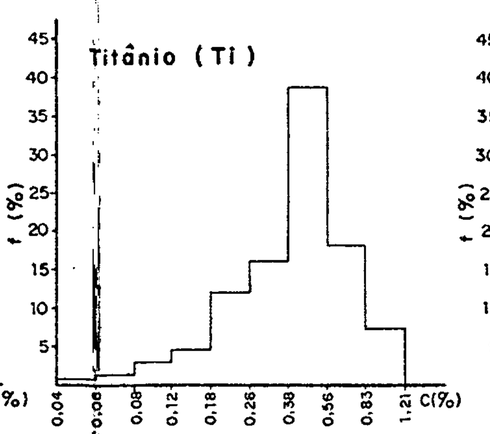
Executado somente com dados definidos (excluídos teores abaixo e acima do limite de detecção)

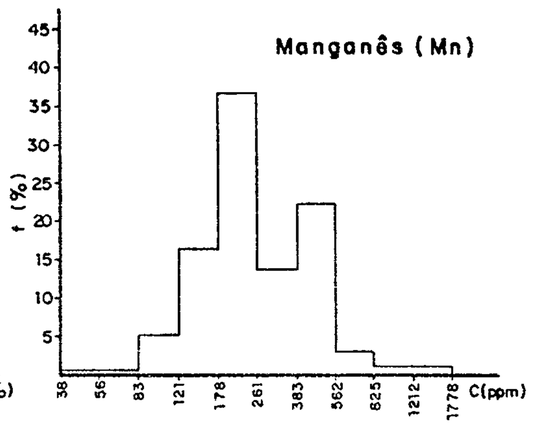
nº de amostras - 896 Para Carbono Orgânico foram utilizadas 108 amostras

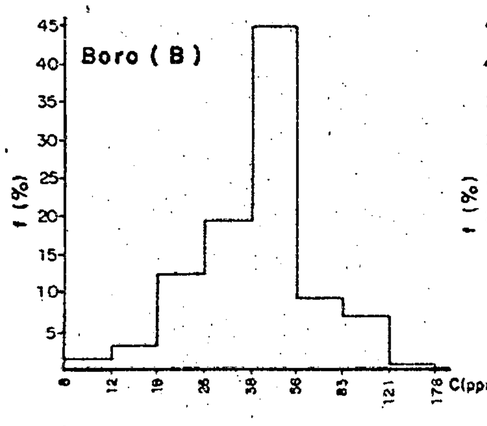


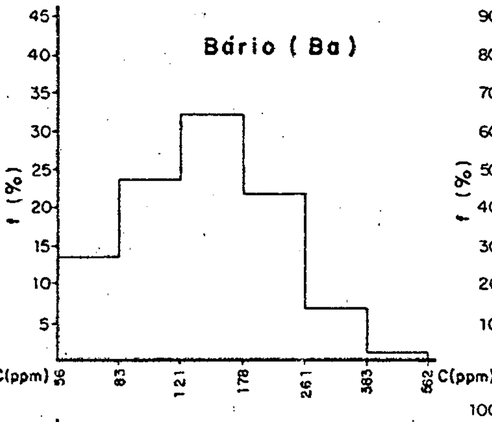


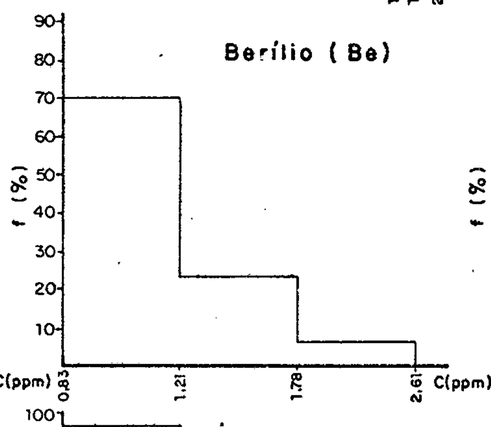


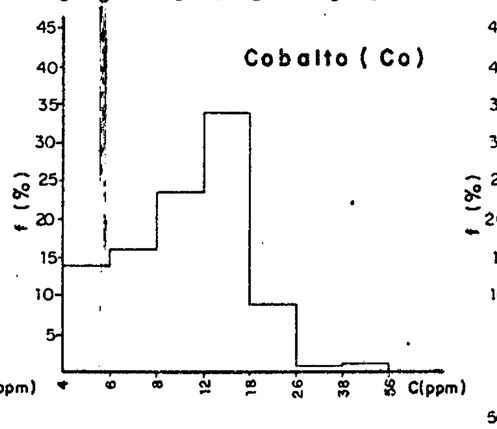


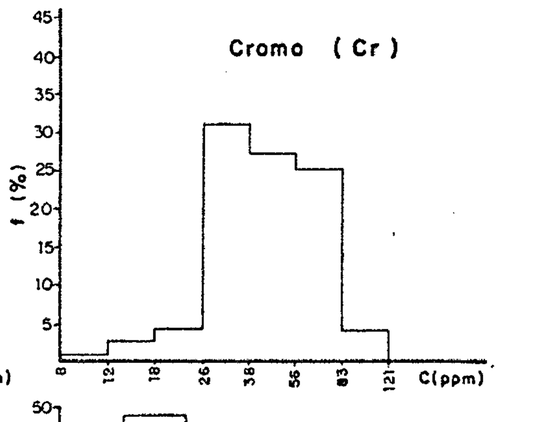


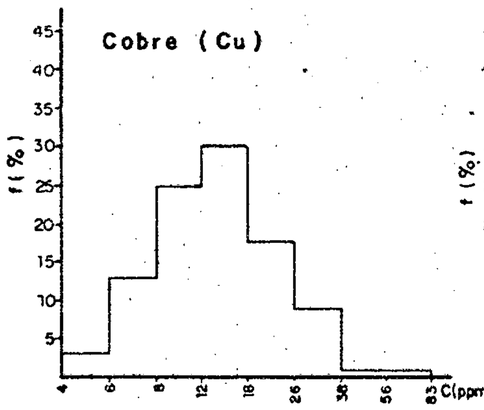


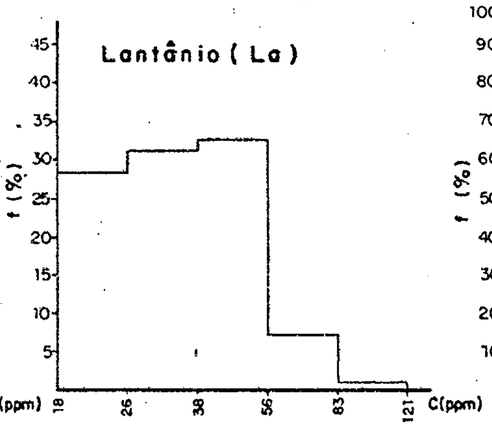


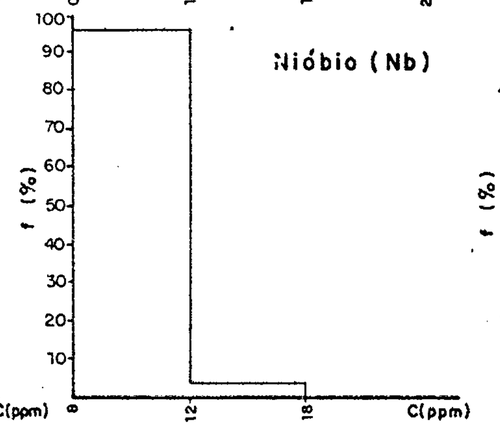


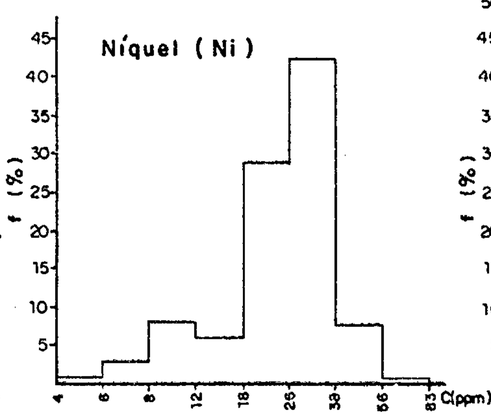


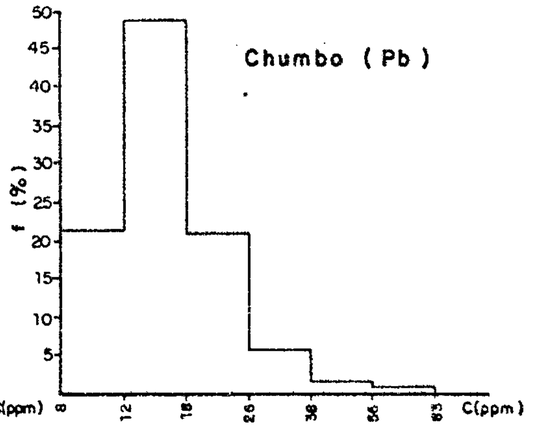


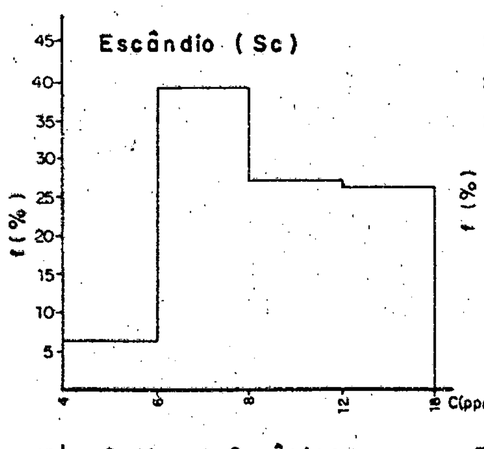


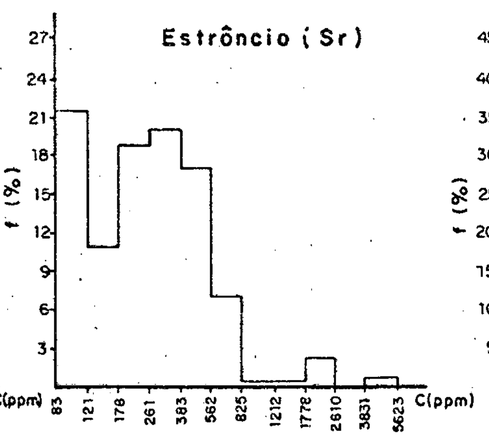


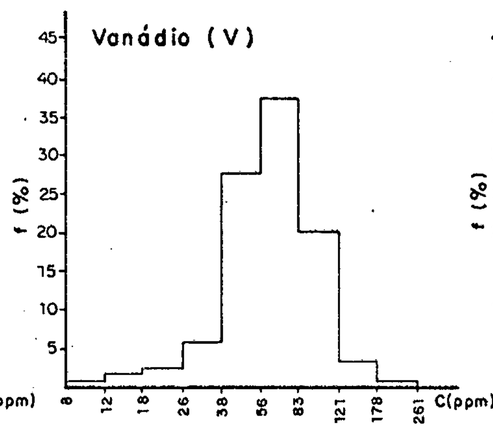


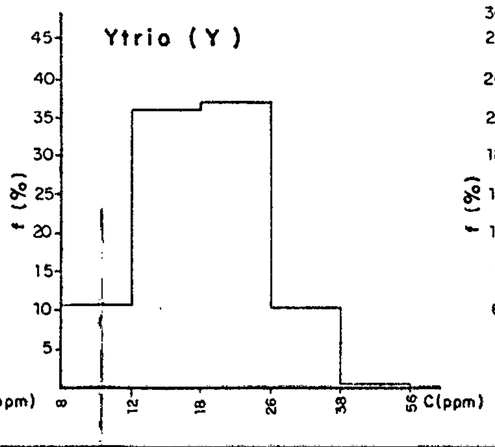


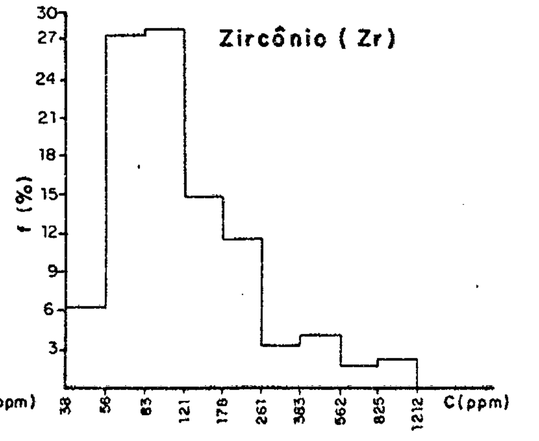












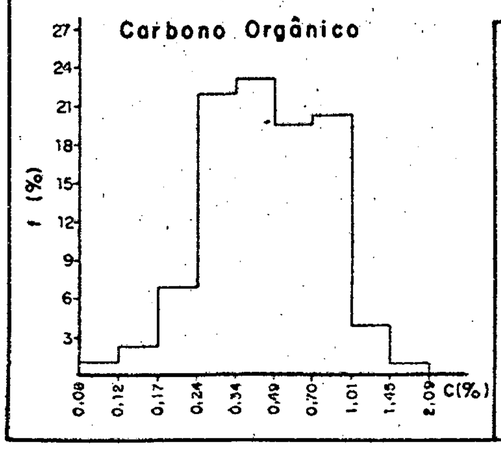


FIGURA 6 – HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA - SEDIMENTOS TERRÍGENOS SÍLTICO ARGILOSOS

f (%) - frequência em percentual

C - concentração; (%) - em percentual; ppm - em parte por milhão

Executado somente com dados definidos (excluídos teores abaixo e acima do limite de detecção)

nº de amostras - 277 Para Carbono Orgânico foram utilizadas 189 amostras

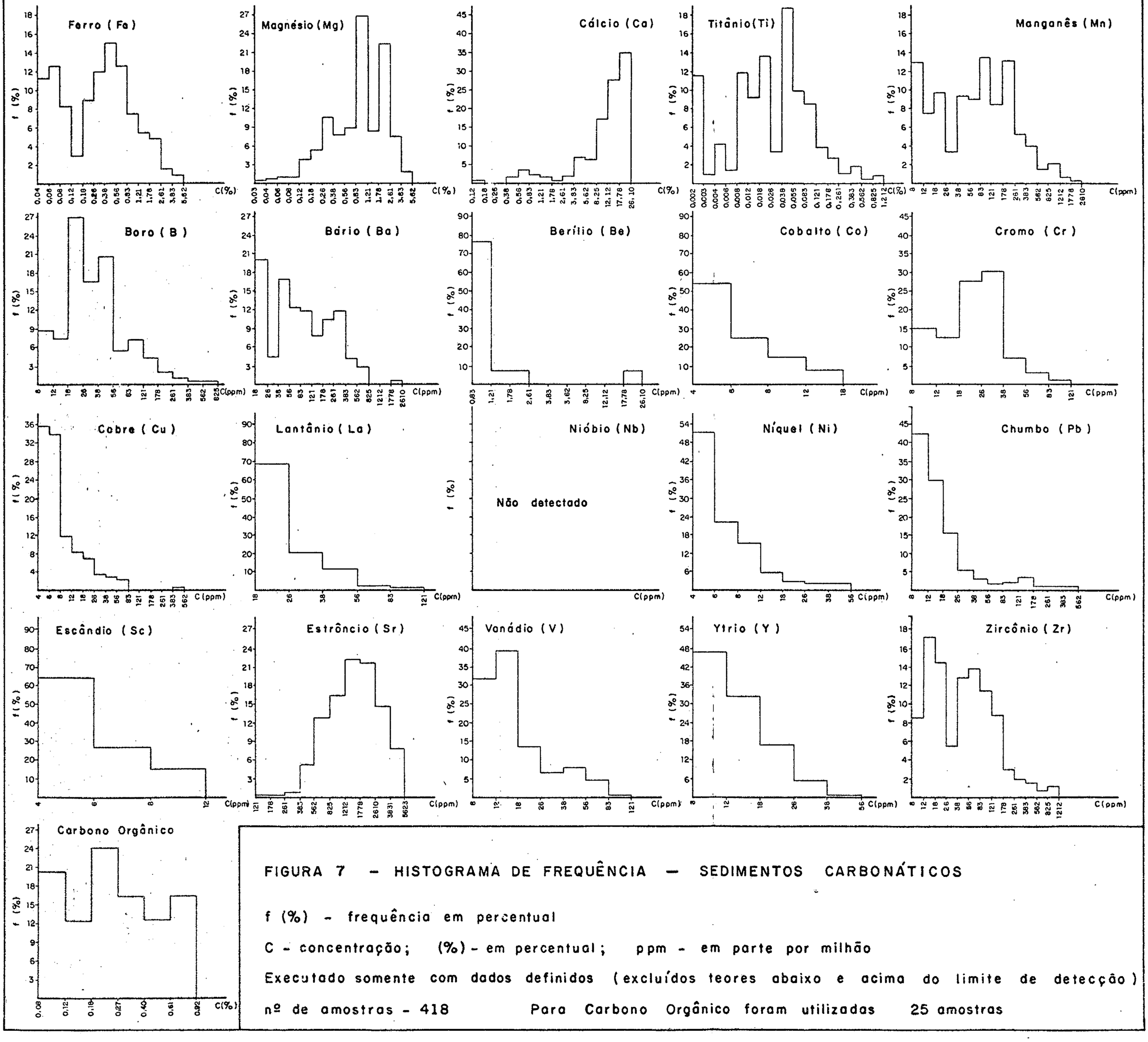


FIGURA 7 - HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA — SEDIMENTOS CARBONÁTICOS

f (%) - frequência em percentual

C - concentração; (%) - em percentual; ppm - em parte por milhão

Executado somente com dados definidos (excluídos teores abaixo e acima do limite de detecção)

nº de amostras - 418 Para Carbono Orgânico foram utilizadas 25 amostras

de correlação mais expressivos foram reunidos em associações geoquímicas, que dão uma boa indicação sobre a influência de minerais e rochas na composição do material sedimentar (ver tabela 8).

A associação dos elementos siderófilos e litófilos Fe-Ni-Co-V-Sc está presente nas três populações estudadas: sedimentos terrígenos quartzo feldspáticos, síltico argilosos e sedimentos carbonáticos. Sabe-se que esses elementos podem estar denotando a presença de minerais da suíte de rochas máficas e ultramáficas, anteriormente detectadas em diversos trechos da margem continental (Kowsmann & Costa op. cit.).

A associação dos elementos litófilos, também classificados como alcalino-terrosos, Ca-Mg-Sr, está presente em praticamente todos os ambientes estudados. Podemos apenas salientar que, na população com predominância da fração síltica argilosa, encontramos uma correlação negativa, bem próxima da total independência (correlação igual = -0,01). Observando a estrutura dos principais minerais de argila presentes nos sedimentos superficiais da margem continental, verifica-se que apenas a montmorilonita exibe Ca e Mg na sua estrutura (Deer et alii, 1966). Os minerais caulinita, ilita e glauconita não contêm estes elementos na sua rede cristalina. Existe a tendência do cálcio ser precipitado como carbonato e o magnésio permanecer em solução e gradativamente ser incorporado aos calcários. Este fato pode, a princípio, explicar a separação do cálcio e magnésio nos sedimentos detríticos recentes.

A associação Ti-Zr é encontrada no domínio dos sedimentos terrígenos quartzo feldspáticos. Provavelmente está indicando a presença de titânio e zircônio nas áreas de acumulação dos minerais pesados da margem continental. Observa-se, outrossim, que o carbono orgânico apresenta correlações elevadas com os elementos Fe, Ti, Ni, V e Sr no ambiente dos sedimentos carbonáticos. No entanto, o estrôncio exibe correlação altamente negativa com o carbono orgânico no domínio dos sedimentos terrígenos quartzo feldspáticos. Aparentemente es

Mod. 002

NE 7530 0210 0345

Tabela 8 - MATRIZES DE COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (r) AMOSTRAS DE SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DA MARGEM CONTINENTAL

Domínio Terrígeno Quartzo Feldspático

	Fe	Mg	Ca	Ti	Mn	B	Ba	Be	Co	Cr	Cu	La	Nb	Ni	Pb	Sc	Sr	V	Y	Zr	C. ORG.
C. ORG.	0,56	0,64	0,18	0,29	0,18	0,16	-0,02	-0,35	0,42	0,23	-0,15	0,21	-0,007	0,56	0,10	0,52	-0,75	0,01	0,57	0,25	-
Zr	0,15	-0,12	-0,05	0,64	0,11	0,16	0,4	0,09	-0,24	0,05	-0,08	0,11	0,44	-0,06	0,07	-0,15	-0,37	0,21	0,07	-	
Y	0,31	0,18	-0,02	0,22	0,11	0,20	0,16	-0,26	0,41	0,30	0,11	0,26	0,03	0,42	0,15	0,48	-0,04	0,34	-		
V	0,81	0,41	0,14	0,58	0,45	0,29	0,10	-0,43	0,50	0,48	0,03	0,17	-0,17	0,59	0,10	0,49	-0,13	-			
Sr	0,04	0,59	0,80	-0,39	-0,04	0,09	-0,27	0,19	-0,10	0,13	-0,28	-0,13	0,23	-0,12	0,00	-0,30	-				
Sc	0,58	0,29	-0,16	0,31	0,12	0,33	0,20	-0,25	0,65	0,31	0,35	0,25	0,01	0,68	0,20	-					
Pb	0,07	0,10	0,07	0,14	0,03	0,08	0,13	-0,10	0,14	0,22	0,11	0,17	0,04	0,19	-						
Ni	0,62	0,28	-0,02	0,31	0,17	0,34	0,07	-0,35	0,71	0,46	0,25	0,12	-0,31	-							
Nb	-0,08	-0,27	0,07	0,29	0,32	-0,05	0,57	0,00	-0,19	-0,16	-0,30	0,04	-								
La	0,18	0,05	-0,09	0,30	0,05	0,10	0,09	-0,29	0,15	0,15	0,04	-									
Cu	-0,05	-0,07	-0,21	0,05	-0,05	0,03	-0,03	0,10	0,28	0,01	-										
Cr	0,46	0,43	0,15	0,26	0,21	0,36	-0,06	-0,24	0,37	-											
Co	0,59	0,34	-0,17	0,19	0,08	0,27	0,03	-0,22	-												
Be	-0,39	-0,33	0,18	-0,27	0,01	-0,26	-0,14	-													
Ba	-0,04	-0,06	0,14	0,41	0,14	0,11	-														
B	0,32	0,31	0,10	0,33	0,16	-															
Mn	0,58	0,26	0,26	0,34	-																
Ti	0,53	0,12	0,01	-																	
Ca	0,29	0,63	-																		
Mg	0,56	-																			
Fe	-																				

nº de amostras: 875

amostras acima de r = 0,60.

Domínio Terrígeno Síltico Argiloso

	Fe	Mg	Ca	Ti	Mn	B	Ba	Be	Co	Cr	Cu	La	Nb	Ni	Pb	Sc	Sr	V	Y	Zr	C. ORG.
C. ORG.	0,08	0,11	0,15	0,19	-0,09	0,33	-0,11	0,04	0,03	0,17	0,01	0,06	0,06	0,31	0,06	0,16	-0,08	0,02	-0,04	0,00	-
Zr	-0,22	-0,34	0,17	0,20	-0,18	-0,10	0,26	-0,14	-0,23	-0,05	-0,14	-0,16	0,27	-0,25	-0,02	-0,18	-0,14	-0,12	0,01	-	
Y	0,56	0,43	-0,30	0,41	0,32	0,10	0,39	0,16	0,51	0,48	0,37	0,48	-0,15	0,53	0,20	0,60	-0,31	0,47	-		
V	0,74	0,36	-0,34	0,45	0,35	0,18	0,17	0,13	0,46	0,40	0,42	0,25	-0,07	0,55	0,12	0,52	-0,27	-			
Sr	-0,26	0,13	0,82	-0,45	-0,14	-0,04	-0,14	0,10	-0,32	-0,03	-0,35	-0,20	-0,21	-0,28	-0,02	-0,29	-				
Sc	0,64	0,50	-0,29	0,52	0,30	0,12	0,31	0,18	0,64	0,49	0,44	0,45	-0,15	0,60	0,23	-					
Pb	0,24	0,21	-0,02	0,17	0,16	0,15	0,18	0,18	0,17	0,34	0,21	0,20	-0,01	0,24	-						
Ni	0,67	0,46	-0,30	0,35	0,30	0,34	0,15	0,31	0,63	0,51	0,50	0,38	0,28	-							
Nb	-0,22	-0,36	-0,01	0,15	0,22	-0,03	0,41	-0,11	-0,21	-0,17	-0,12	-0,01	-								
La	0,31	0,25	-0,26	0,26	0,12	0,06	0,13	0,02	0,40	0,29	0,19	-									
Cu	0,43	0,31	-0,35	0,39	0,43	0,21	0,15	0,27	0,53	0,28	-										
Cr	0,60	0,48	-0,08	0,16	0,10	0,20	0,15	0,00	0,37	-											
Co	0,58	0,42	-0,53	0,46	0,39	0,14	0,28	0,29	-												
Be	0,07	0,17	0,01	0,13	0,08	0,08	0,25	-													
Ba	0,13	0,10	-0,14	0,43	0,24	0,05	-														
B	0,25	0,37	0,01	0,19	0,08	-															
Mn	0,30	0,22	-0,28	0,24	-																
Ti	0,41	0,14	0,32	-																	
Ca	-0,30	-0,01	-																		
Mg	0,55	-																			
Fe	-																				

nº de amostras: 277

amostras acima de r = 0,60.

Domínio Carbonático

	Fe	Mg	Ca	Ti	Mn	B	Ba	Be	Co	Cr	Cu	La	Nb	Ni	Pb	Sc	Sr	V	Y	Zr	C. ORG.
C. ORG.	0,75	-0,12	-0,54	0,62	0,47	0,07	0,08	0,41	0,33	0,33	0,19	0,52	-	0,81	0,28	-0,68	0,71	0,89	0,38	0,34	-
Zr	-0,01	-0,38	-0,20	0,56	0,08	-0,05	-0,48	-0,43	0,11	0,10	0,15	0,17	0,00	0,07	0,03	0,06	-0,22	0,07	0,04	-	
Y	0,17	0,10	-0,43	0,19	0,28	-0,10	-0,04	-0,35	0,23	0,13	0,24	0,25	0,00	0,36	0,04	0,36	-0,19	0,29	-		
V	0,73	-0,01	-0,05	0,52	0,45	-0,14	-0,04	-0,27	0,37	0,39	-0,06	0,09	0,00	0,62	-0,06	0,54	-0,36	-			
Sr	-0,34	0,42	0,61	-0,40	-0,39	0,19	-0,22	0,45	-0,04	-0,02	-0,01	-0,24	0,01	-0,37	0,19	-0,27	-				
Sc	0,60	0,21	-0,34	0,49	-0,02	0,34	0,34	0,33	0,59	0,68	0,38	0,44	-	0,76	0,27	-					
Pb	-0,14	0,02	-0,02	-0,09	-0,17	-0,06	0,09	-0,01	0,49	0,09	0,30	0,36	0,00	0,15	-						
Ni	0,55	0,10	-0,42	0,38	0,30	0,10	0,17	-0,45	0,80	0,39	0,24	0,30	0,00	-							
Nb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
La	0,11	-0,10	-0,18	0,45	-0,05	0,14	0,35	-0,28	0,41	0,31	0,11	-									
Cu	-0,07	-0,13	-0,11	0,09	0,07	-0,03	0,22	-0,09	0,64	0,00	-										
Cr	0,14	0,17	-0,04	0,03	-0,09	0,02	0,06	-0,48	0,61	-											
Co	0,48	0,22	-0,42	0,27	-0,49	0,69	-0,24	0,55	-												
Be	-0,21	-0,23	-0,58	-0,34	-0,35	-0,29	-0,33	-													
Ba	-0,31	-0,49	-0,19	0,26	-0,17	-0,12	-														
B	-0,23	0,39	0,18	-0,24	-0,32	-															
Mn	0,67	-0,35	-0,05	0,60	-																
Ti	0,57	-0,45	-0,25	-																	
Ca	0,13	0,58	-																		
Mg	-0,10	-																			
Fe	-																				

nº de amostras: 336

amostras acima de r = 0,60.

te elemento encontrado no material arenoso é derivado de minerais silicatados, tais como feldspatos cálcicos (plagioclásios); anfibólios ou mesmo piroxênios, e está incompatível com a matéria orgânica. O estrôncio derivado dos sedimentos carbonáticos está possivelmente associado aos carbonatos provenientes de organismos epifaunais da plataforma.

5 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O conjunto de dados obtidos na margem continental brasileira, neste trabalho, permite tecer algumas considerações a respeito da distribuição dos principais elementos químicos e da matéria orgânica e, tentativamente, correlacionálos com a proveniência dos materiais e recursos minerais. Os teores médios dos elementos estudados dão uma aproximação do "background" regional e os "trends" indicam as variações regionais. Uma primeira associação a destacar é a de elementos da suíte máfica e ultramáfica como Fe, Ni, V, Mn, Sc, Cr e Co. Na plataforma do Amazonas essa associação pode estar refletindo os diques de diabásio Cassiporé ou as rochas básicas do Arqueano e Proterozóico do cráton amazônico. Na parte nordeste é ressaltada essa associação nas argilas do cânion do rio São Francisco, provavelmente provenientes do domínio sergipano da região de dobramentos do nordeste. Na parte leste é observada a mesma associação imediatamente ao norte do cânion de Salvador, cujos sedimentos devem ser derivados do cráton de São Francisco. No litoral sudeste-sul a associação evidencia as rochas básicas da Formação Serra Geral, ou mesmo dos sedimentos do rio da Prata.

A suíte de elementos Y, La, Nb, Be, Ba, etc., pode ser utilizada para inferir a presença de rochas félsicas. Entretanto esses elementos apresentam baixo grau de detecção, o que prejudica a visualização dos "trends".

A associação Ca-Mg-Sr serve para distinguir os sedimentos carbonáticos dos terrígenos. Não ficou clara, no entanto, a existência de grandes diferenças na concentração desses elementos quando comparados com os diversos organismos marinhos. Parece provável, porém, que na região nordeste, entre Macau e Aracajú, exista um aumento na concentração do Mg e Ba nas areias de algas recifais "maerl" e Halimeda. Esta constatação foi feita, comparando os dados obtidos dos mapas geoquímicos com os mapas faciológicos do Projeto REMAC - 1979.

Notou-se que pequenos corpos de rochas alcalinas, situados no litoral, podem alterar teores de certos elementos nos sedimentos da plataforma interna. Os teores ressaltados de bário provavelmente estão associados ao corpo do fonolito de Mecejana, localizado a sudeste de Fortaleza (ver Schobbenhaus, et alii, 1981). Existem também teores ressaltados de Ba, Nb e Zr nos sedimentos próximos às rochas alcalinas de Cabo Frio e do litoral de São Paulo. Do mesmo modo, foram detectados valores elevados de cobre e bário em sedimentos quartzo feldspáticos, próximo à Ilha de São Francisco (Santa Catarina). Analisando o mapa geológico 1:2.500.000, observa-se que, no continente, as rochas do embasamento do Complexo Granulítico de Santa Catarina apresentam um grande fraturamento em direção noroeste. Há que se investigar a origem do cobre e do bário, para melhor definir a potencialidade da área.

Um esforço foi feito para correlacionar regiões mineralizadas no continente e seu possível prolongamento no ambiente marinho. Podem ser citadas as regiões continentais auríferas de Macapá-Calçoene (Amapá) e Gurupi (entre Pará e Maranhão). Defronte a primeira área existe um "trend" de elementos como Fe, Ni, Co, etc, no local que pode indicar fornecimento de material daquela região para a plataforma continental, além da carga sedimentar dos rios Amazonas e Pará. É possível que este trecho da plataforma possa conter ouro, em partículas finas. Por outro lado, analisando o mapa de solos da folha Macapá, escala 1:250.000 do Projeto RADAM, 1974, verifica-se que todo o litoral do Amapá é constituído de mangues. Este tipo de sedimento pode também agir como um "trap" para os componentes introduzidos pelas águas dos rios. Ele seria capaz de absorver, como uma esponja, as soluções derivadas do continente e armazenar um considerável número de elementos químicos, inclusive o ouro particulado.

A dispersão dos elementos na foz do rio Gurupi não é tão evidente, provavelmente por ele ter uma carga menor de sedimentos e existirem poucas amostras analisadas. Percebe-se, outrossim, a presença de teores ressaltados de Ti, Zr, V, Fe e

Mg. A plataforma continental, nesta região, é potencialmente favorável a ocorrência de ouro. Sua presença, entretanto, não foi detectada neste trabalho principalmente devido ao elevado limite de detecção do método espectrográfico, para o elemento.

Observou-se teores expressivos de magnésio em algumas amostras localizadas próximo a desembocaduras de rios como o Jequitinhonha, Pardo e Contas, associados a sedimentos terrígenos quartzo feldspáticos e síltico argilosos. É provável que estes sedimentos contenham minerais satélites de diamante, ricos em magnésio.

Com relação aos minerais pesados, que ocorrem principalmente em determinadas áreas da plataforma interna, verifica-se que nos locais onde esses minerais foram detectados em estudos anteriores, estão presentes anomalias para alguns dos elementos analisados. Pode-se mencionar as concentrações elevadas de Ti, Zr, Y, Fe e Ni, em sedimentos quartzo feldspáticos localizados na plataforma interna do Espírito Santo, entre Mucuri e São Mateus. Sabe-se que esta região apresenta concentrações de ilmenita e monazita. No litoral do Rio Grande do Sul, apresentam-se os maiores halos de valores expressivos de Ti, Zr, Y e La. Esta região exibe concentrações ressaltadas em ilmenita, zirconita e monazita, em cavas, situadas entre os bancos de areias transgressivas retrabalhadas, conforme já comentado em trabalhos anteriores (Palma, 1979 - op. cit.).

Outro aspecto a ser focalizado diz respeito à concentração de manganês no fundo oceânico. As amostras usadas neste trabalho, localizam-se dominantemente na área da plataforma continental, sendo que raramente atingiram a 1500 metros de profundidade. Sabe-se, por outro lado, que os nódulos de manganês são encontrados preferencialmente a profundidades superiores a 4500 metros. As fontes principais de manganês podem ser derivadas dos continentes e de atividades vulcânicas submarinhas. Na altura do Estado do Rio Grande do Sul, existe um "trend" de teores elevados de Mn que está pro

Mod. 002

NE 7530 0210 0345

nunciado no talude continental. Deste modo, existe a possibilidade dessa área estar alimentando em manganês o fundo oceânico, o que torna atrativo sob o aspecto de proveniência.

Outro ponto a ser mencionado é o relacionado à concentração de elementos químicos em sedimentos argilosos. Nas Notas Explicativas dos mapas de ditribuição geoquímica, foi invariavelmente citado o fenômeno da adsorção, para explicar valores mais elevados em determinados elementos, quando associados aos minerais de argila montmorilonita e, secundariamente, ilita. Este tipo de interpretação tem como consequência o fato de que estes elementos poderiam ser provenientes de outros locais de formação desses argilominerais. Pesquisas feitas sobre o modo de fixação desses elementos nas argilas, no ambiente sedimentar, são contraditórias: certos autores consideram que a maior parte dos elementos é adsorvida e outros, que eles são herdados. A implicação dessa dúvida pode ser estendida para a prática, quando é citado, por exemplo, que determinados elementos presentes no material síltico argiloso da plataforma continental do Amazonas, notadamente próximo ao litoral do Território do Amapá, podem ser derivados de rochas máficas intrusivas em rochas pré-cambrianas (ex: diabásio Cassiporé, no Território do Amapá). Para alguns dos elementos estudados, observa-se o prolongamento do halo anômalo nas amostras dos sedimentos arenosos da plataforma média adjacente. Pode-se, por outro lado, partindo do raciocínio contrário, dizer que esses elementos são herdados dos minerais argilosos, principalmente nas amostras situadas nas adjacências da foz dos rios Amazonas e Pará e por conseguinte são provenientes de rochas dos Andes, como parecem provir os minerais de argila montmorilonita e ilita. Não se observa a continuação do halo anômalo nas amostras dos sedimentos quartzo feldspáticos adjacentes a essas argilas. Sabe-se que o material arenoso é proveniente das rochas do cráton Amazônico.

A interpretação dos dados de carbono orgânico e organopalinologia revela, basicamente, que a concentração da matéria orgânica depende principalmente da oxigenação da água. Na

plataforma amazônica, bem como na área de ressurgência de Cabo Frio, não apresentam valores muito elevados em comparação com as outras áreas estudadas. O fenômeno da degeneração aeróbica deve predominar sobre a produtividade primária e a taxa de sedimentação da matéria orgânica nessas áreas. Existe predominância de material aquático (tipo II) sobre o vegetal superior (tipo III) na maior parte das amostras analisadas. Entretanto, no material localizado na plataforma interna, ao longo dos grandes rios, predomina a matéria orgânica vegetal superior.

Mod. 002

NE 7530 0210 0343

6 - CONCLUSÕES

O estudo geoquímico efetuado na margem continental brasileira, dada a sua grande extensão, diversidade de materiais e fenômenos envolvidos, pôde, em última análise fornecer uma interpretação pouco profunda sobre a distribuição dos elementos químicos no ambiente superficial marinho. Na figura 8 encontram-se as áreas sugeridas para estudos de detalhe.

A seguir estão descritas as principais conclusões obtidas:

1) O teor médio fornece uma aproximação do "background" regional e os "trends", as variações regionais dos elementos químicos estudados;
2) A associação Fe, Ni, V, Mn, Sc, Cr e Co nos sedimentos superficiais podem indicar a contribuição de rochas máficas, enquanto que os elementos Y, La, Nb, Be e Ba permitem inferir a presença de rochas félsicas;
3) Os elementos Ca, Mg e Sr servem para separar os sedimentos carbonáticos dos terrígenos;
4) Os elementos Ba, Nb e Zr apresentam aumento da concentração nos sedimentos da plataforma continental adjacentes a corpos alcalinos do continente, próximos do litoral;
5) Os sedimentos superficiais nas imediações de áreas auríferas, como Macapá-Calçoene, no Território do Amapá, e as banhadas pelos rios Gurupi e Pardo, apresentam grande potencial para prospecção;
6) O magnésio pode ser utilizado para identificação de suítes de minerais guias de diamante nas desembocaduras de rios diamantíferos, como o Jequitinhonha;
7) A associação Ti, Zr, Y, Fe e Ni pode ser utilizada para definir áreas da plataforma continental com enriquecimento em minerais pesados e indicar outras áreas prospectáveis;
8) Foi detectado halo de Mn no talude continental do Rio Grande do Sul conduzindo à hipótese daquela área estar fornecendo Mn para regiões mais profundas do assoalho oceânico;
9) O estudo da distribuição dos elementos químicos nas argi

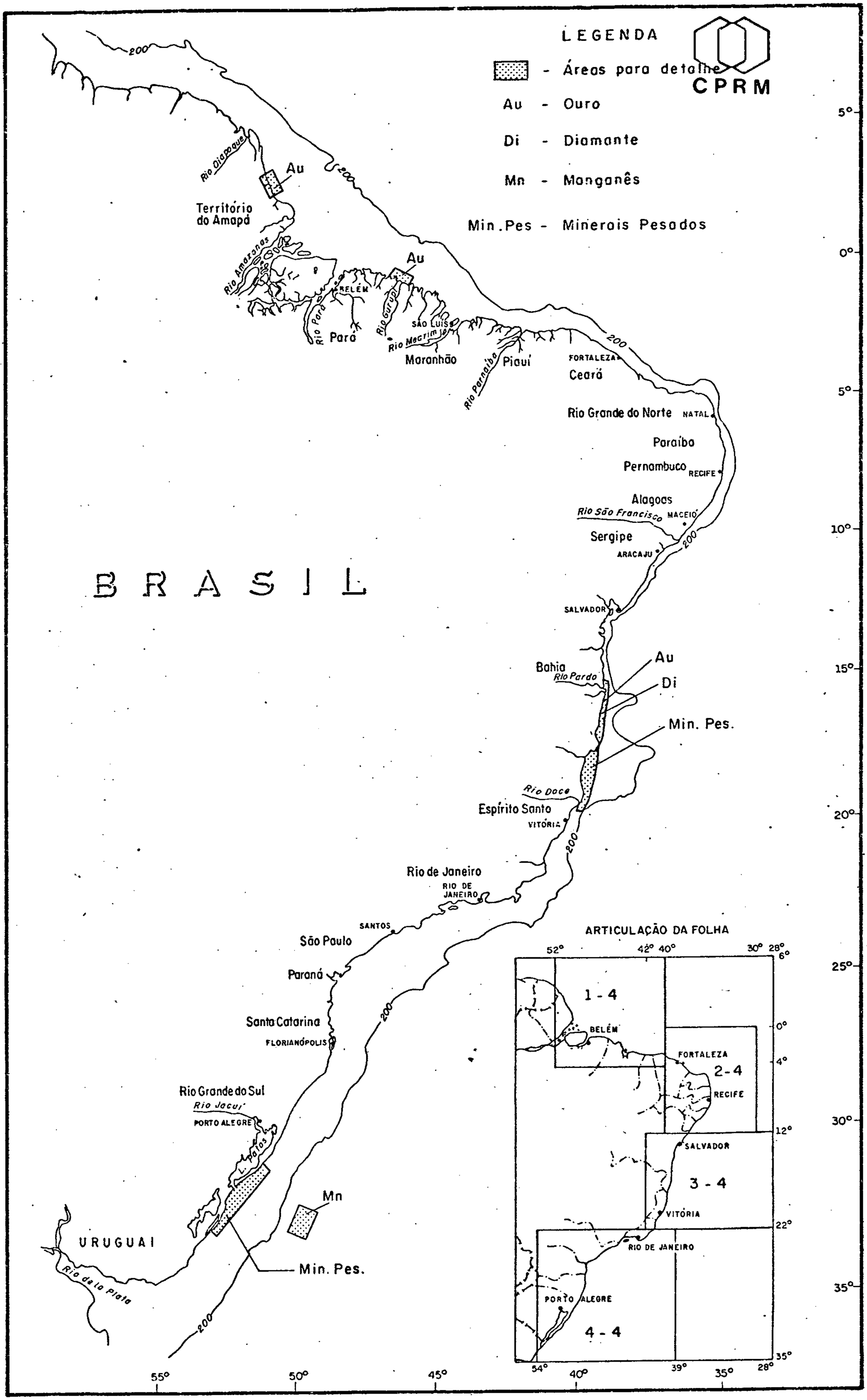


FIGURA 8 - ÁREAS SUGERIDAS PARA ESTUDOS DE DETALHE

las da plataforma Amazônica pode contribuir para o estudo da proveniência dos sedimentos naquela área;

10) Os dados do carbono orgânico e organolitas dão uma visão geral sobre a distribuição da matéria orgânica na margem continental brasileira.

7 - RECOMENDAÇÕES

Para dar continuidade ao estudo dos elementos químicos na margem continental, seguem-se algumas recomendações:

- estudar cada trecho específico da margem continental, visando estabelecer o "background" local de cada elemento, assim como as anomalias locais correspondentes;
- separar as três fácies estudadas, em sub-fácies, para a obtenção de um melhor conhecimento da distribuição geoquímica dos elementos. Como exemplo, podemos citar que os elementos carbonáticos podem ser estudados separadamente em recifes de algas calcárias, de algas coralíneas, recifes de briozoários, foraminíferos, moluscos, oólitos, etc.;
- estudar em cada fácie e sub-fácies, as relações Sr/Ba, Ca/Mg, Mg/Ba, Sr/Ca, que podem ser comparadas com as rochas calcárias mais antigas, contribuindo também para o estudo biogeoquímico do Mg e Sr nos esqueletos dos organismos marinhos;
- estudar o porquê de alguns elementos apresentarem concentrações elevadas em determinados trechos das fácies calcárias. Como exemplo pode ser citada a ocorrência de Cr em areias de algas recifais, a noroeste de Fortaleza;
- executar a avaliação nos sedimentos superficiais das regiões auríferas de Macapá-Calçoene e Gurupi, para verificar, a nível de maior detalhe, o potencial dessas regiões e os controles das possíveis mineralizações. Nesse caso, deverão ser utilizados outros métodos de detecção do metal (absorção atômica, ativação de neutrons) e técnicas de pré-concentração, visando aumentar a eficiência das análises;
- o mesmo estudo deve ser estendido aos sedimentos situados nas desembocaduras dos rios Contas, Pardo e Jequitinhonha, verificando, através das feições emersas na linha de costa e submersas, o melhor local de acumulação de ouro e/ou diamante. Em relação a este último mineral, testar o magnésio ou mesmo o cromo, como elementos indicadores de minerais satélites do diamante;

Mod. 002

NE 7530 0210 0343

- executar estudo de detalhe, utilizando os elementos Ti, Zr, Y, Fe e Ni, nas áreas de ocorrência de minerais pesados associados às áreas litorâneas e/ou placeres submarinhos. Citam-se as áreas do litoral do Rio Grande do Sul, a plataforma interna do litoral do Espírito Santo, sul da Bahia e os paleocanais ao largo do litoral paulista. A pesquisa deve ser efetuada também em outras áreas onde não foi detectada presença de minerais pesados, mas que haja condições favoráveis e cujo potencial ainda não foi testado;
- executar estudos nas áreas adjacentes à anomalia de manganês que ocorre no talude continental na altura do Rio Grande do Sul, para verificar a possibilidade da ocorrência de nódulos de manganês nas zonas mais profundas do fundo oceânico;
- nas áreas de interesse econômico, é recomendada também a utilização de extrações parciais para definir com maior precisão os contrastes na distribuição dos elementos que possam conduzir a sítios potencialmente mineralizados;
- o estudo efetuado baseou-se primordialmente na discriminação e posterior descrição dos valores mais elevados, com vistas à obtenção de "trends" de dispersão. Deve ser apreciada, do mesmo modo, a dispersão dos valores mais baixos e o seu real significado no panorama geoquímico;
- deve ser também investigada a relação entre a taxa de concentração dos elementos e a coluna d'água, e entre a taxa de concentração e a distância da linha de costa, para determinar o grau de dispersão dos elementos no ambiente marinho;
- recomenda-se, ainda, avaliar o papel desempenhado pelas argilas na conservação dos materiais orgânicos, como as do grupo da montmorilonita, que têm a habilidade de reter constituintes orgânicos. Estes, podem ficar entrapeados em forma finamente disseminada, em rochas argilosas. Dessa forma os minerais de argila estão envolvidos na geração do óleo. O estudo da interação da matéria orgânica com os minerais de argila atualmente depositados em áreas de grande acumulação desses materiais, como na plataforma amazônica e na área de ressurgência de Cabo Frio, poderá trazer algumas respostas sobre as atuais rochas potencialmente geradoras e a preserva

ção da matéria orgânica não degradada em rochas sedimentares mais antigas;

- os elementos químicos, do mesmo modo que a matéria orgânica, são indicadores úteis de poluição química introduzida pelo homem. O estudo dos níveis de concentração desses elementos pode ser utilizado em estudos comparativos, nas mesmas áreas, no evento futuro de industrialização e urbanização e, também, com vistas a um melhor gerenciamento costeiro.

8 - BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AMARAL, C.A.B. - Mapa de recursos minerais superficiais da plataforma continental brasileira. In: Projeto REMAC - Recursos minerais da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. Rio de Janeiro, PETROBRÁS/CENPES, 1979. 112 p. (Projeto REMAC, 10) p. 9-14, e mapa anexo.

_____ - Recursos minerais da área oceânica. In: SCHOBBENHAUS, Carlos, coord. et alii - Geologia do Brasil; texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, escala 1:2.500.000. Brasília, DNPM, 1984. 501 p., cap. 15, p. 491-500.

BACOCCOLI, G. - Os deltas marinhos holocênicos brasileiros; uma tentativa de classificação. Bol. Téc. PETROBRÁS, Rio de Janeiro, 14: 5-38, 1971.

BARRETO, H.T. & MILLIMAN, J.D. - Esboço fisiográfico da margem continental brasileira. v. 1., PETROBRÁS, 1969 (Relatório interno).

BEZRODNYKH, Y.P. - Tin halos in marine sediments and their prospecting. Int. Geol. Rev., Washington, 20 (11): 1302-8, 1979.

BOSTROM, K. - Geochemistry of sediments; modern. In: THE ENCYCLOPEDIA of geochemistry and environmental sciences. Stroudsburg, Dowden, Hutchinson & Ross, 1972. 1321 p. (Encyclopedia of Earth Science Series, 4A) p. 428-39.

BOYLE, R.W. - Elemental associations in mineral deposits and indicator elements of interest in geochemical prospecting (revised). Geol. Surv. Canada Paper, Ottawa, n. 74-45, 1974. 40 p.

CARRARO, C.C. et alii - Mapa geológico do estado do Rio Grande do Sul. Mapa Inst. Geocienc. UFRGS, Porto Alegre, n. 8, 1974.

CLIFTON, H.E. et alii - Marine sediments sample; preparation for analysics for low concentrations of fine detrital gold. U.S. Geol. Surv. Circ., Washington, n. 545, 1967. 11 p.

COUTINHO, J.M.V. & COIMBRA, A.M. - Os pesados do Barreiras na costa oriental brasileira; estudo de áreas-fonte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, 1974. Anais do... Porto Alegre, Soc. Bras. Geol., 1974. v. 5, p. 27-41.

COUTINHO, P.N. - Geoquímica dos sedimentos superficiais da plataforma continental Alagoas-Sergipe. Rio de Janeiro, DHN, 1979. p. 116-92.

CRONAN, D.S. - Recent advances in geochemical exploration for undersea mineral deposits. Inst. Min. Metall. Trans., Sect. A, London, 87: 143-96, Oct. 1978.

CRONAN, D.S. & THOMPSON, B. - Regional geochemical reconnaissance survey for submarine metalliferous sediments in the Southwestern Pacific ocean; a preliminary note. Inst. Min. Metall. Trans., Sect. B, London, 87: 87-9, 1978.

DEER, W.A. et alii - An Introduction to the rock forming minerals. London, Longman, 1971. 528 p.

DEGENS, E.T. - Geochemistry of sediments; ancient. In: THE ENCYCLOPEDIA of geochemistry and environmental sciences. Stroudsburg, Dowden, Hutchinson & Ross, 1972. 1321 p. (Encyclopedia of Earth Science Series, 4A) p. 417-28.

DEGENS, E.T. et alii - Uranium anomaly in Black sea sediments. Nature, London, 269 (13): 566-9, Oct. 1977.

DEMAISON, G.J. & MOORE, G.T. - Anoxic environments and oil source bed genesis. Am. Assoc. Pet. Geol. Bull., Tulsa 64: 1179-209, 1979.

DIAS, G.T. de M. et alii - Matéria Orgânica no quaternário da Margem Continental entre Rio de Janeiro e Guarapari. Rio de Janeiro, LAGEMAR/UFRJ, CENPES/PETROBRÁS, 1982. 120 p.

FISCHER, R.P. - Vanadium. U.S. Geol. Surv. Prof. Pap., Washington. 820: 679-88, 1973.

FIGUEIREDO, JR., A.G. - Geologia dos depósitos calcários bioclásticos detríticos da plataforma continental do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Inst. Geoc. UFRGS, 1975. 72 p. (Tese)

FRANÇA, A.M.C. et alii - Sedimentos superficiais da margem continental nordeste brasileira. Rev. Bras. Geocienc., São Paulo, 6 (2): 71-88, 1976.

GAGLIANONE, P.C. & TRINDADE, L.A.F. - Pirólise. In: GEOQUÍMICA do petróleo. Rio de Janeiro, PETROBRÁS/CENPES, 1984. p. 75-83.

GOLDSCHMIDT, V.M. & PETERS, C. - The Geochemistry of boron: I, II, In: WALKER, C.T. ed. - Geochemistry of boron. Stroudsburg, Dowden, Hutchinson & Ross, 1975. (Benchmark Paper in Geology, 23) p. 9-11.

GORINI, M.A. et alii - Relatório de atividades do grupo de geologia marinha. Relatório semestral de atividades do Projeto Pesquisa e Pós-graduação do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 1980. v. 2, p. 396-412.

GRIFFITTS, W.R. - Berilium. U.S. Geol. Surv. Prof. Pap., Washington, 820: 85-94, 1973.

HARDER, H. - Boron content of sediment as a tool in facies analysis. Sediment. Geol., Amsterdam, 4 (2): 153-75, 1970.

_____ - Contribution to the geochemistry of boron. II. Boron in sediments. In: WALKER, C.T., ed. - Geochemistry of boron. Stroudsburg, Dowden, Hutchinson & Ross, 1975. (Benchmark Paper in Geology, 23) p. 83-104,

HARRIS, R.C. - Boron regulation in the oceans. Nature, London, 223 (503): 290-1, 1969.

Mod 002

NE 7530 0210 0343

HILL, P.A. & PARKER, A. - Tin and zirconium in sediments around the British Isles: a preliminary reconnaissance. Econ. Geol., Lancaster, 65: 409-16, 1970.

HOLMES, C.W. - Sea-floor samples lead to a surprising discovery of zirconium, titanium and heavy minerals off the Texas coast. Ocean Industry, Houston, 4: 49-59, June 1969.

JONES, H.A. & DAVIES, P.J. - Preliminary studies of offshore placer deposits, Eastern Australia. Mar. Geol., Amsterdam, 30: 243-68, 1979.

KOWSMANN, R.O. et alii - Evidências de estabilizações holocênicas do nível do mar na plataforma continental do Rio Grande do Sul. In: GONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, Ouro Preto, 1976. Resumo dos trabalhos, Belo Horizonte, SBG, 1976, p. 116.

KOWSMANN, R.O. et alii - Modelo da sedimentação holocênica na plataforma continental sul brasileira: In: Projeto REMAC - Evolução sedimentar holocênica da plataforma continental e do talude sul do Brasil. Rio de Janeiro, PETROBRÁS/CENPES, 1977. (Projeto REMAC, 2) p. 7-26.

KOWSMANN, R.O. et alii - Considerações a sedimentação quaternária na plataforma continental entre Cabo Frio e a foz do rio Itabapoana. Rio de Janeiro. Projeto REMAC. 1979, 34 p. (Comunicação Técnica REMAC 001/78).

KOWSMANN, R.O. et alii - Métodos de coleta e análise de sedimentos inconsolidados. In: Projeto REMAC - Processos e métodos. Rio de Janeiro, PETROBRÁS/CENPES, 1983. (Projeto REMAC, 6) p. 63-76.

KOWSMANN, R.O. & COSTA, M.P.A. - Sedimentação quaternária da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. Rio de Janeiro, PETROBRÁS/CENPES, 1979. 55 p. (Projeto REMAC, 8).

Mod. 002

NE 7530 0210 0343

KRAUSKOPF, K.B. - Sedimentary deposits of rare metals. In: BATEMAN, A.M. et. Economic Geology, 50th anniversary volume 1905-1955. Urbana, Econ. Geol. Pub. Co., 1955, Pt. 1, p. 411-63.

KUMAR, N. et alii - Evolution of the continental margin of Northern Brazil; sediments distribution and carbon potential. An. Acad. Bras. Ciênc., Rio de Janeiro, 48 (supl.): 131-43, 1976 (Simpósio Internacional sobre as margens continentais do tipo Atlântico).

LEVINSON, A.A. - An Introduction to exploration geochemistry. Calgary, Applied Pub., 1974. 612 p.

MELO, A. & MELO, Z.F. - Metamorphic zoning in the Seridó region, Northeastern Brazil. Rev. Bras. Geociênc., São Paulo, 4: 1-14, 1974.

MELLO, M.R. & ESTRELLA, G.O. - A geoquímica orgânica na exploração do petróleo. In: GEOQUÍMICA do petróleo. Rio de Janeiro, PETROBRÁS/CENPES, 1984. p. 29-69.

MILLIMAN, J.D. - Marine carbonates. Heidelberg, Springer-Verlag, 1974. 375 p.

_____ - A Synthesis. In MILLIMAN, J.D., ed. & SUMMERHAYES, C.P. ed. - Upper continental margin sedimentation off Brazil. Stuttgart, E. Schwizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1975 (Contributions to Sedimentology, 4) p. 151-75.

MILLIMAN, J.D. & AMARAL, C.A.B. - Economic potential of Brazilian continental margin sediments. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre. Anais do ... Porto Alegre, Soc. Bras. Geol., 1974, v. 3 - p. 335-44.

MILLIMAN, J.D. et alii - contribuição ao estudo de material em suspensão na plataforma continental do Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre. Anais do ... Porto Alegre, Soc. Bras. Geol., 1974. v. 3, p. 263-82.

Mod 002

NE 7530 0210 0343

MOORE, G.W. & SILVER, E.A. - Gold distribution on the sea floor of the Klamath mountains, California. U.S. Geol. Surv. Circ., Washington, n. 605, 1968. 9 p.

MORRIS, H.T. et alii - Lead. U.S. Geol. Surv. Prof. Pap., Washington, 820: 313-32, 1973.

MUELLER, P.J. & SUESS, E. - Productivity, sedimentation rate and sedimentary organic matter in the ocean. I. Organic carbon preservation. Deep Sea Research, Part A, London, 26 (12): 1347-62, 1979.

PALMA, J.J.C. - Depósitos de minerais pesados. In: Projeto REMAC - Recursos Minerais da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. Relatório Final. Rio de Janeiro, PETROBRÁS/CENPES, 1979. (Projeto REMAC, 10) p. 33-50.

_____ - Fisiografia da área oceânica. In: SCHOBBENHAUS, Carlos, Coord. et alii - Geologia do Brasil; texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, escala 1:250.000. Brasília, DNPM, 1984. 501 p. cap. 11, p. 429-41.

PIKETTY, M.G. - L'exploitation des richesses minérales de la mer. Industrie Miner., Paris, 63 (11): 625-37, nov. 1981.

PORTHAULT, B. & SAUVAN, P. - Quelques applications de la géochimie des éléments en traces en exploration et minière. In: AHRENS, L.H. ed. - Origin and distribution of the elements. Proceedings of the 2nd Symposium, Paris, May 1977. Oxford, Pergamon Press, 1979. (International series in earth sciences, 34) p. 703-16.

QUADROS, L.P. - Organopalinologia na prospecção do petróleo. Bol. Tec. PETROBRÁS, Rio de Janeiro, 18 (1): 3-11, jan/mar. 1975.

Mod 002

NE 7530 0210 0343

SANTANA, C.I. - Material em suspensão nas águas superficiais da plataforma sudeste e sul do Brasil. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8, Campina Grande, 1977. Atas do ... Campina Grande, Soc. Bras. Geol. 1977. (Boletim do Núcleo do Nordeste, SBG. 6) p. 401-15.

SANTOS, A.S. - Qualidade da matéria orgânica. In: GEOQUÍMICA do pètróleo. Rio de Janeiro, PETROBRÁS/CENPES, 1984. p. 85-92.

SCHOBBENHAUS, Carlos, coord. et alii - Mapa Geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, escala 1:2.500.000. Brasília, DNPM, 1981.

SIEGEL, F.R. - Marine geochemical prospecting; present and future. In: GEOCHEMICAL exploration. Proceedings of the 3rd International Geochemical Exploration Symposium, Toronto, 1970. Montreal, The Canadian Inst. Min. Metall., 1971. (CIM Special volume, 11). p. 251-7.

SIESSER- W.G. - Mineralogy and diageneses of some South Africa coastal and marine carbonates. Mar. Geol., Amsterdam, 10 (1): 15-38, 1971.

SILVA, M. - Repartition quantitative du carbone organique dans un sediment recent; comparaison des resultats obtenus avec differents analyseurs de carbone LECO, Carmograph, Dorhman. v. 1., 1979. 33 p. (Geology n. 23529, Project B41-76032).

SLATT, R.M. - Dispersal and geochemistry of surface sediments in Halls bay, North-Central Newfoundland; application to mineral exploration. Can. J. Earth Sci., Ottawa, 12: 1346-61, 1975.

SLATT, R.M. & SASSEVILLE, D.R. - Trace-element geochemistry of detrital sediments from Newfoundland inlets and the adjacent continental margin; application to provenance studies, mineral exploration, and quaternary marine stratigraph. Can Mineral., Toronto, 14 (3): 2-15, 1976.

SUGUIO, K. - Rochas Sedimentares; propriedades, gênese, importância econômica. São Paulo, 1980. E. Blucher, USP, 1980. 500 p.

SUMMERHAYES, C.P. et alii - Data file continental margin Program Atlantic coast of Brazil. Woods Hole, Woods Hole Oceanographic Institution, 1976. 128 p.

SUMMERHAYES, C.P. et alii - Salvador to Fortaleza, Northeastern Brazil. In: MILLIMAN, J.D., ed. & SUMMERHAYES, C.P. ed. - Upper continental margin sedimentation off Brazil. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1975. (Contributions to Sedimentology, 4) p. 44-77.

SUTHERLAND, D.G. - The transport and sorting of diamonds by fluvial and marine processes. Econ. Geol., Lancaster, 77 (7): 1613-20, Nov. 1982.

URIEN, C.M. - Rio de la Plata estuary environments. In: NELSON, B.W., ed. Environments framework of coastal plain estuaries. Boulder, Geol. Soc. America, 1972. (Memoir. Geological Society of America, 133) p. 213-34.

VLASOV, K.A., ed. - Genetic types of rare elements deposits. In: Geochemistry and mineralogy of rare elements and genetic types of their deposits. Jerusalém, Israel Program for Scientific Translations, 1966-68. v. 3.

_____ - Geochemistry of rare elements. In: Geochemistry and mineralogy of rare elements and genetic types of their deposits. Jerusalém, Israel Program for Scientific Translation, 1966-68. v. 1.

XAVIER, R.A. & COSTA, L.A. - Depósitos de cobre, cobalto, níquel e manganês (nódulos polimetálicos). In: Projeto REMAC - Recursos minerais da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. Rio de Janeiro, PETROBRÁS/CENPES, 1979. 112 p. (Projeto REMAC, 10) p. 73-98.

Mod 002

NE 7530 0210 0343

YIM, W.S. & PHIL, D.M.T. - Geochemical determination of tin in sediments off North Cornwall. Inst. Min. Metall. Trans., Sect. B, 84: 64-6, 1975.

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Av. Pasteur, 404 - Urca - Rio de Janeiro - RJ - Brasil
Telefone: DDD (021) 295.0032 - Telex: (021) 22685
CEP. 22.292

SEAUX 'DISERV/SEGRAF

SECRETARIA DA COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA OS RECURSOS DO MAR
COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA OS RECURSOS DO MAR

PROJETO GEOQUÍMICA DOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DA MARGEM CONTINENTAL BRASILEIRA

MAPA DE SÍNTESE DA DISTRIBUIÇÃO GEOQUÍMICA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

Escala 1: 3.500.000

35km 0 35 70 105 140 175 210km

1985

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

Cidade

Rio

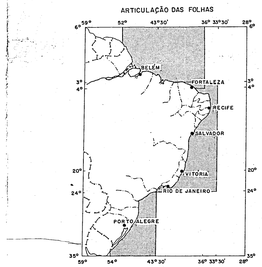
4000 — Isóbatas em metro

Área estudada

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

5 — Sr,Cr — Curva de valores elevados

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



Base: Mapa Batimétrico da Margem Continental Brasileira, executado pelo Projeto REMAC-por J.J.C. Palma; A.M.C. França; S. G. Zembruscki, em 1979.
Escala 1: 3.500.000.
Sistema de Projeção Mercator.
Curvas de contorno em metros.

CPRM

Chefe do Projeto: Gilberto José Machado (DEPRO/RJ)
Supervisão: Gustavo Noronha Diniz Gonçalves (DEPRO/RJ); Maria Glicia da Nobrega Courinho (SUREAU/RJ)
Execução: Gilberto José Machado (DEPRO/RJ); Liana Barreto Vaz Sampaio (DEPRO/RJ)
Plotagem das curvas: Julio Cesar de Oliveira Lyrio (estagiário do DEPRO/RJ)
Cartografia: Regina Celia Gimenez Armesto (DEPEG/RJ)
Desenho: Luiz Carlos S. Pereira (DEPEG/RJ); Elaine de Souza Cerdeira (DEPEG/RJ); Elizabeth M. A. Sampaio (DEPEG/RJ); Ivan Soares dos Santos (DEPEG/RJ)