

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

PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR
DO PARNAÍBA

SUBPROJETO HIDROGEOLOGIA
RELATÓRIO FINAL - FOLHA 03 - SÃO LUIS - SO

VOLUME I
TEXTO

FRANCISCO AURÉLIO CAETANO DA SILVA

5-96

CPRM - DIOOTE	
Relatório: 935-3	
N.º de Volumes: 2	V. I - S

PHL
013111
2007



COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
SUPERINTENDENCIA REGIONAL DE RECIFE

PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA

SUBPROJETO. HIDROGEOLOGIA
RELATÓRIO FINAL - FOLHA 03 - SÃO LUIZ - SO

VOLUME I TEXTO

Chefia do Subprojeto : Francisco Aurélio Caetano da Silva

Equipe Executora : Antonio Reinaldo Soares Filho
Carlos Fernando Pinto Teixeira
Clodionor Carvalho de Araújo
Fernando Antônio do Rêgo Barrós
Francisco Aurélio Caetano da Silva
Jorge Luiz Fortunato Miranda

Equipe Auxiliar : Armando Arruda Câmara Filho
Djalma Pereira
João Militão Martins Neto
Ney Gonzaga de Sousa

Colaboração Especial : Albert Mente
Mário Dias Pessoa

PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS MINERAIS DA

BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA

SUBPROJETO HIDROGEOLOGIA

RELATÓRIO FINAL

ÍNDICES DE VOLUMES

VOLUME I - Folha 03 - São Luis-SO - Texto.

VOLUME II - Anexos - Nota explicativa, fichas de sondagens, catálogo de inventário hidrogeológico, base geológica, base hidrogeológica, base planimétrica, base de pontos d'água, base hidroquímica e base de potencial explorável.

A P R E S E N T A Ç Ã O

O Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste, iniciado pela SUDENE em 1965, para avaliação dos recursos hídricos da região nordestina através de determinações dos diversos parâmetros hidrogeológicos e suas inter-relações sócio-econômicas, representa um trabalho de valor inestimável para a região, inclusive com tendências de se ampliar para as demais áreas do Brasil, tendo em vista, as suas aplicações em definições de abastecimento urbano, uso industrial, irrigação, pecuária e projetos específicos.

O Departamento Nacional da Produção Mineral encarregou a CPRM(SUREG/Recife) da execução das Folhas 01, 03,07,12,17 e 22 através do Projeto Global (Subprojeto Hidrogeologia) abrangendo uma área de, aproximadamente,400.000 quilômetros quadrados.

Para sua elaboração, contou a CPRM, com quatro equipes, de 1 geólogo e 1 auxiliar por equipe realizando os trabalhos de reconhecimento, levantamento de campo, e análise de laboratório, visando definir os quadros hidrogeológicos de cada Folha.

O relatório apresentado neste volume é o resultado dos estudos da Folha 03 São Luiz-S0, sendo os mapas bases elaborados na escala de 1:500.000.

SUMÁRIO

RESUMO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E QUADROS

	<u>PÁG.</u>
1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	01
1.1 - Histórico.....	01
1.2 - Objetivo.....	01
1.3 - Localização e Acesso.....	02
1.4 - Aspectos Sócio-Econômicos.....	04
1.4.1 - População.....	04
1.4.2 - Sócio-Economia Regional.....	07
1.5 - Metodologia do Trabalho.....	08
1.6 - Dados Físicos de Produção.....	11
1.7 - Trabalhos Anteriores.....	12
2 - <u>ASPECTOS GERAIS</u>	13
2.1 - Elementos Climáticos.....	13
2.1.1 - Clima.....	13
2.1.2 - Pluviometria.....	13
2.1.3 - Temperatura	15
2.1.4 - Evaporação, Umidade Relativa e Insolação.....	22
2.1.5 - Aridez.....	23
2.1.6 - Elementos do Balanço Hídrico...	23
2.2 - Hidrologia.....	25
2.2.1 - Sub-bacias da Folha 03.....	25
2.2.2 - Recessão em Pindaré-Mirim.....	30
2.3 - Morfologia.....	33
2.4 - Vegetação.....	34

	PÁG,
3 - <u>GEOLOGIA</u>	36
3.1 - Generalidades	36
3.2 - Estratigrafia	36
3.3 - Rochas Cristalinas	37
3.3.1 - Complexo Basal	37
3.3.2 - Grupo Gurupi	38
3.4 - Rochas Sedimentares	39
3.4.1 - Formação Itapecuru	39
3.4.2 - Sedimentos Cenozóicos	40
4 - <u>HIDROQUÍMICA</u>	42
4.1 - Generalidades	42
4.2 - Características Químicas das Águas Subterrâneas	42
4.3 - Classificação das Fácies Químicas	45
4.3.1 - Águas Cloretadas	46
4.3.2 - Águas Cloretadas Carbonatadas	60
4.3.3 - Águas Carbonatadas	61
4.4.4 - Águas Mistas	62
4.4.5 - Águas Sulfatadas Cloretadas	63
4.4 - Qualidade das Águas para Irrigação	64
4.5 - Potabilidade	68
5. <u>HIDROGEOLOGIA</u>	91
5.1 - Generalidades	91
5.2 - Água Subterrânea nas Rochas Cristalinas	93
5.3 - Água Subterrânea nas Rochas Sedimentares	93

	PÁG.
6 - CONCLUSÕES	99
7 - BIBLIOGRAFIA	104

ANEXOS (Volume II)

Nota Explicativa	104
------------------------	-----

Fichas de Sondagens

Catalogo de Ponto de Água

Base Geologica

Base Planimétrica

Base Hidrologica

Base Pontos de Água

Base Hidroquímica

Base Potencial Explorável

R E S U M O

A Folha 03 - São Luiz-SO, corresponde a uma área de aproximadamente 72.000 quilômetros quadrados que engloba parte dos Estados do Pará e Maranhão; este trabalho visa definir o seu quadro hidrogeológico.

O clima predominante é do tipo Am e a pluviosidade varia em torno de 2.000 milímetros anuais. Seus principais cursos de água são os Rio Capim, Rio Gurupi e o Pindaré.

A morfologia apresenta como principais expressões geomorfológicas planícies, platôs, peneplanos e maciços residuais.

A vegetação da área é de florestas de árvores de grande porte, como é o caso da Floresta Perenifolia Amazônica e da Floresta Subcaducifolia Tropical Amazônica encontrando-se, também, em locais da Baixada Maranhense, vegetação característica de Campos Inundáveis.

A geologia está representada por rochas cristalinas (8,5%) e sedimentares (91,5%).

As rochas cristalinas são os Grupo Gurupi e o Complexo Basal, enquanto os sedimentos que ocorrem, superficialmente, são os da Formação Itapecuru.

Hidroquimicamente, a preponderância é das águas cloretadas (47%) e cloretadas-carbonatadas (22%). São águas de resíduo seco médio de 187 mg/l. A potabilidade é boa e sob o ponto de vista de classificação para fins de irrigação são águas tipo $C_0 - S_1$, em sua maior parte, com pequenos riscos de salinização.

Foram catalogadas 128 poços manuais, 55 poços tubulares e 3 fontes, totalizando 196 pontos de água.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E QUADROS

<u>ITEM</u>	<u>TÍTULO</u>	<u>PÁG.</u>
1.1.1	Mapa de Situação da Folha	03
1.4.1.1	Distribuição Populacional	05
1.4.1.2	Divisão Municipal, Micro-Região Homogênea e Densidade Demográfica	06
1.4.2.1	População Animal por Micro-Região	09
2.1.1.1	Tipos de Clima	14
2.1.2.1	Isoietas Anuais	16
2.1.2.2	Catálogo de Observações Pluviométricas ...	17
2.1.2.3/6	Precipitações Médias Mensais	18/21
2.1.4.1	Média de Elementos Climáticos	22
2.1.5.1	Zoneamento Árido	24
2.1.6.1	Balanço Hídrico em Zé Doca	26
2.1.6.2	Balanço Hidrológico em Zé Doca	27
2.2.1.1	Bacias e Sub-Bacias Hidrográficas com Rede Fluviométrica	29
2.2.2.1	Curva de Recessão do Rio Pindaré-Mirim ...	32
3.2.1	Coluna Estratigráfica	37
4.2.1	Médias de Dureza, pH, Resíduo Seco por Ti- po de Manancial	44
4.2.2	Distribuição de Frequência dos Resíduos Se- cos	45
4.3.6/15	Diagramas de Fácies Hidroquímicas	47/56
4.3.16	Distribuição de Frequência de Fácies Quími- cas	57

<u>ITEM</u>	<u>TÍTULO</u>	<u>PÁG.</u>
4.3.1.1	Águas Cloretadas	60
4.3.2.1	Águas Cloretadas Carbonatadas	61
4.3.3.1	Águas Carbonatadas	62
4.3.4.1	Águas Mistas	63
4.4.1/2	Classificação de Águas para fins de Irrigação (I) e (II)	65/66
4.4.3	Distribuição dos tipos de água para Irrigação	67
4.5.1/12	Diagramas de análise de água	68/89

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - HISTÓRICO

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais efetuou, para o Departamento Nacional de Produção Mineral, o Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba com início em 1975 e com a finalidade de executar o levantamento das potencialidades minerais e integração metalogenética.

A programação do projeto incluía um subprojeto visando a pesquisa dos recursos hídricos subterrâneos, inicialmente cobrindo toda a área do Projeto. Entretanto, devido à SUDENE já ter feito o inventário hidrogeológico de algumas das Folhas, decidiu-se modificar a programação, executando-se estudos apenas nas áreas correspondentes às Folhas Rio São Francisco NO e SO, Teresina NO e SO e São Luiz NO e SO, respectivamente Folhas 01,03,07,12,17 e 22.

A metodologia utilizada foi idêntica à utilizada pela SUDENE para o Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste.

Este relatório focaliza os trabalhos realizados na área correspondente à Folha 03 São Luiz-SO, na escala de 1:500.000.

1.2 - OBJETIVO

O objetivo primordial deste trabalho é cadastrar os pontos de água (poços tubulares, poços manuais e

fontes) da área e suas características, visando assim, determinar os principais parâmetros hidrogeológicos que poderão servir de subsídios técnicos para futuras aplicações em programas de utilização de recursos hídricos subterrâneos específicos.

1.3 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área está compreendida entre as coordenadas geográficas de longitude 45° a 48° Oeste e latitudes 02° a 04° Sul. (Fig. 1.3.1) e nela se situam municípios dos estados do Pará e Maranhão.

A sua superfície é de aproximadamente 72.000 quilômetros quadrados.

O acesso à área é feito através de rodovias federais Belém/São Luís (BR-135/222/316), Teresina/Belém (BR-316) para quem procede de São Luís (MA) ou Teresina (PI) e pela Belém/Brasília (BR-010) para quem procede de Belém ou Brasília.

Excetuando as estradas federais acima mencionadas, as estradas em melhores condições de tráfego são as seguintes:

- trecho Cocalinho - Pinheiro (MA)
- trecho Pinheiro - Santa Helena (MA)
- trecho Paragominas - Tomé Açú
- trecho Viana - Pindaré-Mirim (MA)

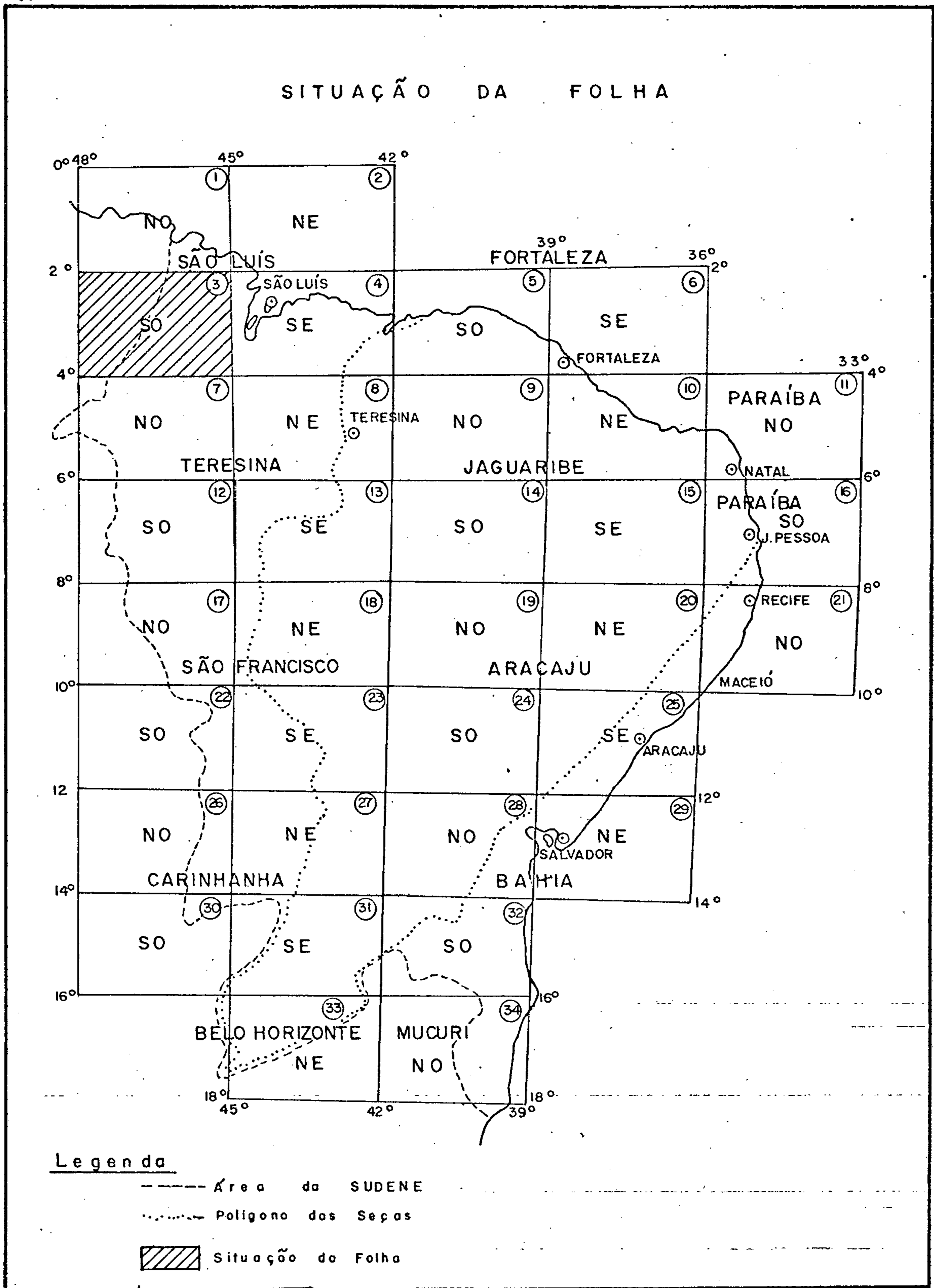


Fig. 1.1.1

- pequenos trechos vicinais a Belém-Brasília de extensões normalmente inferiores a 25 quilômetros.

A existência de grande número de cursos de água propicia, entretanto, navegação fluvial de pequenos barcos e canoas, muito utilizados por moradores locais.

Diversas fazendas nas proximidades da Belém-Brasília têm pistas de pouso para aviões pequenos particulares ou de aluguel.

1.4 - ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

1.4.1 - População

A área engloba dentro dos seus limites 34 municípios em sua maior parte, parcialmente contidos.

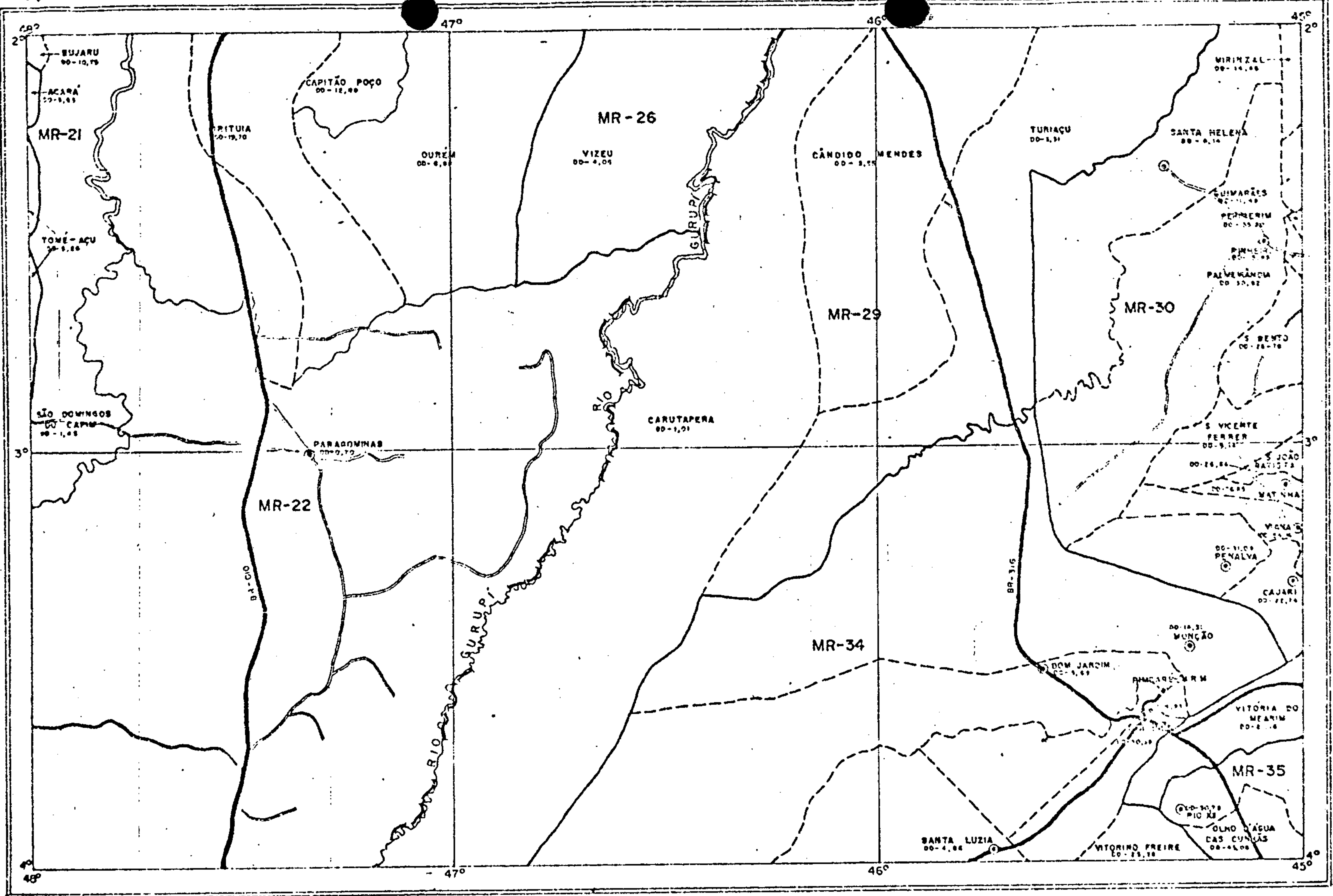
A distribuição da população por estado, micro-região homogênea e município pode ser observada nos Quadros 1.4.1.1 e Fig. 1.4.1.2.

A população total foi estimada em 488.760 habitantes, tomando-se como fonte os dados estatísticos do Anuário Estatístico do Brasil (1976).

A densidade demográfica varia de 76,85 a 0,70 hab/km², respectivamente, para os municípios de Matinha, no Estado do Maranhão e Paragominas no Estado do Pará, mos

QUADRO 1.4.1.1
DISTRIBUIÇÃO POPULACIONAL POR ÁREA E
MICRO-REGIÃO

M A R A N H A O							
MICRO REGIÃO	MUNICIPIOS	ÁREA (KM ²)		POPULAÇÃO (HAB)		%	D.D.
		TOTAL	FOLHA	TOTAL	FOLHA		
MR-30	Cajari.....	647	352	14.713	7.945	54	22,74
	Guimarães.....	940	140	10.793	1.619	15	11,48
	Matinha.....	266	157	20.441	12.060	59	76,85
	Mirinzal.....	934	166	13.352	2.403	18	14,49
	Palmeirândia...	299	59	4.244	849	20	30,92
	Penalva.....	801	801	24.902	24.902	100	31,09
	Peri-Mirim.....	1.337	20	11.862	712	6	35,20
	Pinheiro.....	3.748	3.748	59.535	59.535	100	15,88
	Santa Helena...	2.247	2.247	18.301	18.301	100	8,14
	São Bento.....	565	470	16.258	13.494	83	28,78
	S. João Batista.	878	127	23.409	3.277	14	26,66
	S. Vicente Ferrer.	916	617	17.532	11.746	67	19,14
	Viana.....	744	352	40.294	18.938	47	54,16
Vitória Mearim.	1.784	705	37.743	15.097	40	21,16	
MR-34	Bom Jardim.....	8.469	5.420	31.271	20.013	64	3,69
	Monção.....	4.441	4.441	63.532	63.532	100	14,31
	Pindaré-Mirim..	1.177	1.177	19.924	19.924	100	16,93
	Santa Inês.....	768	703	23.334	23.334	100	30,38
	Santa Luzia....	12.374	1.283	6.017	6.017	10	4,86
	Vitorino Freire	1.219	333	30.790	8.313	27	25,26
MR-29	Cândido Mendes.	6.522	3.760	11.924	6.916	58	3,55
	Carutapera.....	12.128	8.498	12.243	8.570	70	1,01
	Turiaçú.....	8.452	4.769	27.985	15.672	56	3,31
MR-35	Olho D'Água das Cunhãs.....	565	382	25.459	17.312	68	45,06
	Pio XII.....	778	528	23.945	16.282	68	30,78
P A R Á							
MR-21	Acará.....	8.542	58	31.006	310	1	3,63
	Tomé-Açu.....	5.828	100	30.609	612	2	5,26
MR-22	Bujaru.....	1.810	40	19.525	390	2	10,79
	Capitão Poço...	2.463	548	31.717	6.978	22	12,88
	Irituia.....	2.117	2.114	41.688	41.688	100	19,70
	Ourém.....	5.001	2.844	34.362	19.586	57	6,88
	Paragominas...	27.168	18.161	18.935	12.686	67	0,70
	São Domingos do Capim.....	25.748	4.523	25.748	4.635	18	1,45
MR-26	Vizeu.....	8.987	2.957	36.449	12.028	33	4,06
T O T A L		160.663	72.600	765.873	495.676	-	6,82



**DIVISÃO MUNICIPAL
MICRO-REGIÃO HOMOGÊNEA
DENSIDADE DEMOGRÁFICA**

- CONVENÇÕES**
- ⊙ Cidades
 - ~ Rio
 - ~ Limite Interestadual
 - - - Limite Municipal
 - Limite de Micro-Região
 - MR - Micro-Região
 - DD - Densidade Demográfica (hab./Km²)

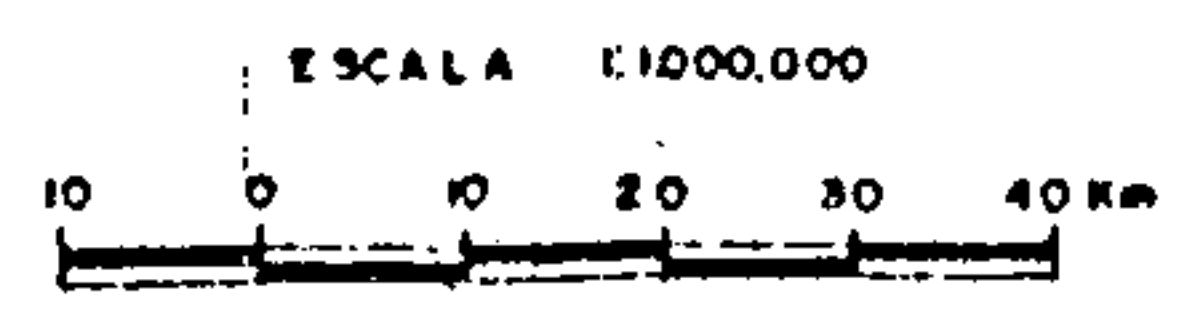


Fig. 1.4.1.2

trando uma variação demográfica muito grande.

1.4.2 - Sócio Economia Regional

Os principais centros urbanos da área são Paragominas (Pará) e, no Estado do Maranhão, Santa Inês, Pinheiro, Santa Luzia e Viana.

Serão analisados a seguir os seguintes elementos infra-estruturais:

Saúde - O atendimento médico-hospitalar pode ser efetuado nas cidades de Paragominas, Santa Inês e Pinheiro. As demais localidades são servidas através de postos de saúde, alguns deles com visitas periódicas de médicos e dentistas.

Educação - Os principais centros urbanos tem cursos correspondentes aos primeiro e segundo graus. Existem, também, diversos grupos escolares mantidos, sobretudo, pelas Prefeituras Municipais.

Saneamento Básico - Beneficia os principais centros urbanos. A maioria das localidades carece de uma melhor atenção no que diz respeito a abastecimento de água e a existência de rede de esgotos.

Comunicação - Dos centros urbanos citados, apenas Paragominas e Pinheiro contavam, na época dos trabalhos, com o serviço de telefonia.

A Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos mantém agên -

cias nos principais centros urbanos e principais localidades.

Atividades Pecuárias - Baseado em dados estatísticos do Anuário Brasileiro (1976) foi elaborado o Quadro 1.4.2.1 onde estão relacionados os principais tipos de rebanho existentes na área.

Conforme, pode ser observado, as microrregiões de maior rebanho são a MR-30, no Maranhão com 629.703 cabeças e a MR-22, no Estado do Pará com 275.562 cabeças. A população animal total é de 1.139.229 cabeças.

Os rebanhos mais numerosos são de bovinos e suínos.

Comércio e Indústria - Uma das atividades mais desenvolvidas na área é a do comércio e industrialização de madeiras.

É intenso o trânsito de caminhões que transportam troncos de madeiras de diversas qualidades, sobretudo no trecho da Belém-Brasília, onde estão situadas algumas serrarias e onde se processa a constante derruba de árvores; contudo não há preocupação maior quanto a reflorestamentos que evitem a devastação de matas e florestas.

1.5 - METODOLOGIA DO TRABALHO

A metodologia utilizada para a execução dos trabalhos desta e das demais áreas do subprojeto está sintetizada nos itens a seguir:

a) Documentação - Nesta etapa foram reunidos os documentos

QUADRO 1.4.2.1
POPULAÇÃO ANIMAL POR MICRO- REGIÃO

REBANHOS	MARANHÃO				PARÁ			TOTAL
	MR-29	MR-30	MR-34	MR-35	MR-21	MR-22	MR-26	
Asininos	357	4.315	5.426	3.416	-	536	21	14.071
Bovinos	18.733	134.882	68.106	34.227	344	208.617	2.177	467.086
Bufalinos	479	16.348	-	-	7	218	15	17.067
Caprinos	759	19.998	2.231	656	3	951	234	24.826
Equinos	1.454	35.434	4.081	1.959	3	4.504	344	47.779
Muares	418	6.621	4.934	1.086	-	2.343	138	15.540
Ovinos	440	5.522	1.514	444	3	2.322	60	10.305
Suinos	37.908	406.583	65.666	10.024	251	56.071	3.960	542.555
TOTAL	60.548	629.703	151.958	51.812	611	275.562	6.949	1.139.229

necessários ao desenvolvimento dos trabalhos. Esta documentação constou de livros técnicos, trabalhos e relatórios geológicos, fichas de sondagens de poços tubulares existentes, mapas, enfim o material julgado como básico e indispensável à realização da tarefa proposta.

As fontes onde obteve-se as mencionadas documentações foram as mais diversas, ou sejam, SUDENE, DNPM, FSESP, IBGE, RADAM, DNOCS, Departamento de Meteorologia do Ministério da Agricultura, CAEMA, AGESPISA, COSANPA, SUCAM, entre outras.

b) Organização de Dados - Os dados preliminares obtidos da documentação reunida na etapa anterior, depois de analisados e selecionados, serviram de base aos trabalhos de campo, preparando-se, na ocasião, os mapas que foram utilizados no campo. Anotações técnicas foram feitas com a intenção de verificar no campo alguns resultados das pesquisas preliminares.

c) Trabalhos de campo - Os trabalhos de campo foram realizados durante o período de estiagem. Foram feitas, aproximadamente, oito viagens ao campo por equipe. O trabalho de campo constou das seguintes etapas:

- cadastramento de pontos de água em fichas apropriadas, onde são anotados dados tais como, profundidade, diâmetros, vazão aproximada, condutividade elétrica, níveis estáticos e dinâmicos, enfim valores de excepcional valor hidrogeológico.
- coleta de amostras de água de dois (2) litros cada ponto de água, para os estudos hidroquímicos.

d) Elaboração de Relatório Final - De posse dos dados de escritório e de campo, iniciou-se a etapa de elaboração do relatório final após a análise dos valores processados e da conclusão das bases planimétricas, de pontos de água, hidrológica, geológica, hidroquímica e de potencial explorável.

A base geológica adotada para os trabalhos do projeto foram as subfolhas elaboradas pelas equipes de geólogos que trabalharam na Integração Metalogenética deste Projeto Global.

- Equipe de Trabalho - A equipe que participou dos trabalhos, era integrada pelos técnicos seguintes:

- Francisco Aurélio Caetano da Silva - Chefe do Projeto
- Jorge Luiz Fortunato de Miranda - Geólogo
- Antonio Reinaldo Soares Filho - Geólogo
- João Militão Martins Neto - Téc. Mineração
- Djalma Pereira - Téc. Mineração

1.6 - DADOS FÍSICOS DE PRODUÇÃO

Os dados físicos de produção estão sintetizados nos números abaixo relacionados.

- cadastramento de 196 pontos de água, sendo 55 poços tubulares, 138 poços manuais e 3 fontes.

- análise química de 86 amostras de água coletadas em campo.

1.7 - TRABALHOS ANTERIORES

Os trabalhos anteriormente realizados na área e que contribuíram com informações para este subprojeto foram:

- Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba, realizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais para o Departamento Nacional da Produção Mineral.

- Projeto RADAM, trabalho de levantamento dos diversos recursos naturais do país através de utilização de imagens de radar e demais sensores remotos realizados pelo RADAM para o DNPM.

- Projeto Gurupi, realizado pela CPRM para o DNPM, com o objetivo de cadastramento de ocorrências minerais e reconhecimento geoquímico. O mapa base geológico desta Folha foi compilado parcialmente (25%) deste projeto.

2 - ASPECTOS GERAIS

2.1 - ELEMENTOS CLIMÁTICOS

Serão analisados netes item os elementos: clima, pluviometria, temperatura, evaporação, umidade relativa, insolação e aridez.

2.1.1 - Clima

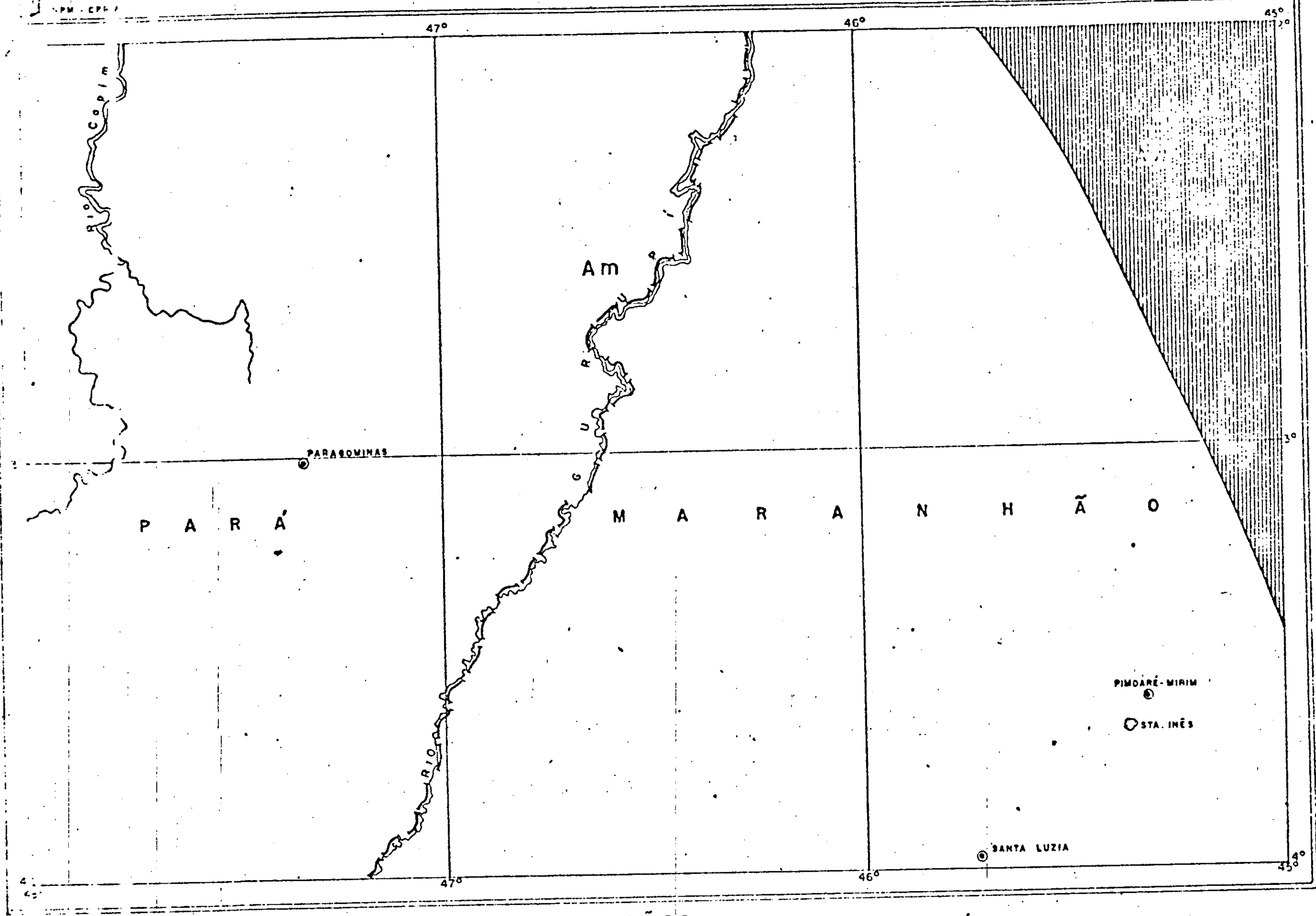
O tipo de clima que ocorre, predominantemente, na área, ou melhor, quase único na Folha é o tipo Am, de monções (classificação de Koppen), característico de planície amazônica, quente, úmido, e com precipitações pluviométricas elevadas. A estação chuvosa é sua principal característica, com estações secas curtas.

O outro tipo de clima, está restrito a pequena área, a nordeste da Folha, é o clima Aw, denominada tropical, de estações climáticas bem distintas, verão e inverno, com dias bastante quentes.

Os dois tipos de clima estão delimitados no mapa "Tipos de Clima" (Fig. -2.1.1.1).

2.1.2 - Pluviometria

Os dados hidrometeorológicos utilizados fo -



TIPOS DE CLIMA SEGUNDO KOPPEN

- CONVENÇÕES
- cidade principal
 - sede municipal
 - rio
 - limite interestadual
 - clima - Am
 - clima - Aw

ESCALA 1:100.000
0 10 20 30 40 km

ram obtidos em estações em funcionamento na área em estudo, estando as mesmas localizadas no mapa Base Hidrológica deste trabalho.

As isoietas anuais estão representadas em mapa auxiliar (Fig. 2.1.2.1) observando-se uma linha representativa de 2.000 milímetros anuais de precipitação pluviométrica atravessando a área no sentido leste-oeste cortando a quase ao meio, e uma linha de 2.250 milímetros anuais no canto noroeste.

É uma região conseqüentemente de alta precipitação pluviométrica, com intensos períodos chuvosos, sobretudo nas regiões do Estado do Pará.

As chuvas crescem de intensidade no sentido sudeste-noroeste.

Os períodos de observação e suas médias estão representados no catálogo de observações pluviométricas (Fig. 2.1.2.2).

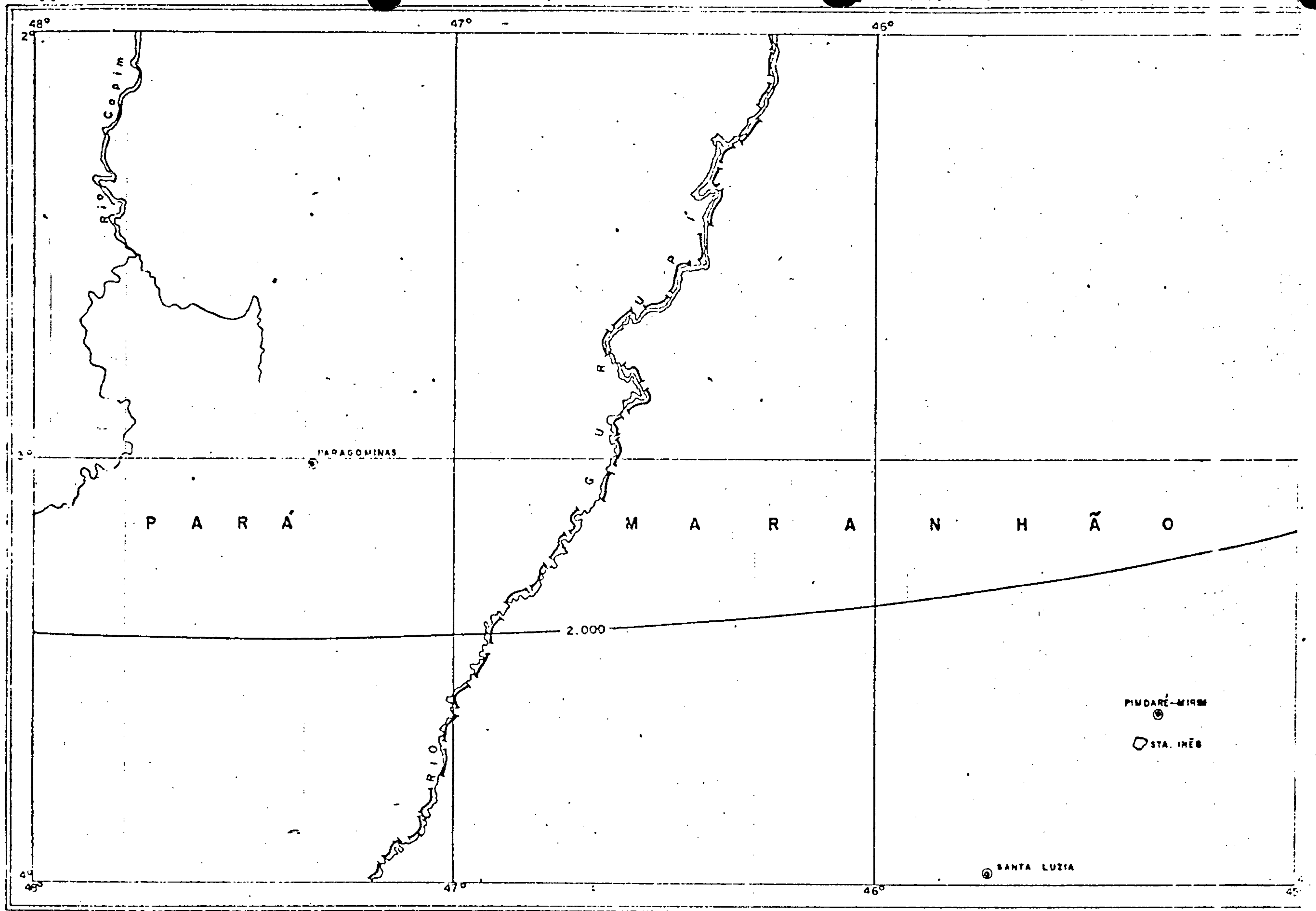
Os gráficos comparativos das precipitações mensais constam nas figuras 2.1.2.3/2.1.2.6.

Conforme pode ser observado nestes gráficos, o período mais chuvoso vai de fevereiro a maio e o menos chuvoso, de setembro a novembro.

A média mais alta observada foi 2.500 milímetros /ano na estação de Maracaçumê e a menor de 1.551 milímetros /ano na estação de Pio XII, ambas no Estado do Maranhão.

2.1.3 - Temperatura

A temperatura média observada na estação de



ISOIETAS ANUAIS
SEGUNDO: EDMON NIMER

- CONVENÇÕES
- Cidade Principal
 - Sede Municipal
 - Rio
 - Limite Interestadual
 - Curvas de Isoietas
 - Estação Pluviométrica

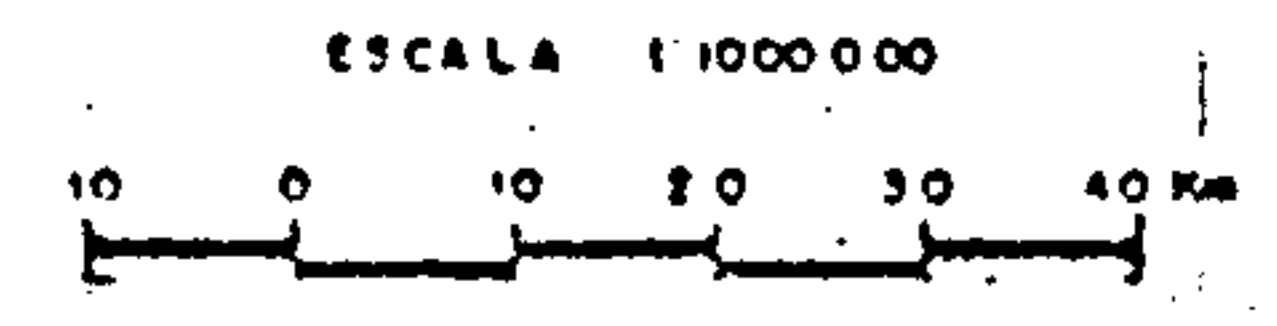


Fig. 2.1.2.1



SUREG - RE

DNPM - CPRM - INVENTÁRIO HIDROGEOLÓGICO BÁSICO DO NORDESTE

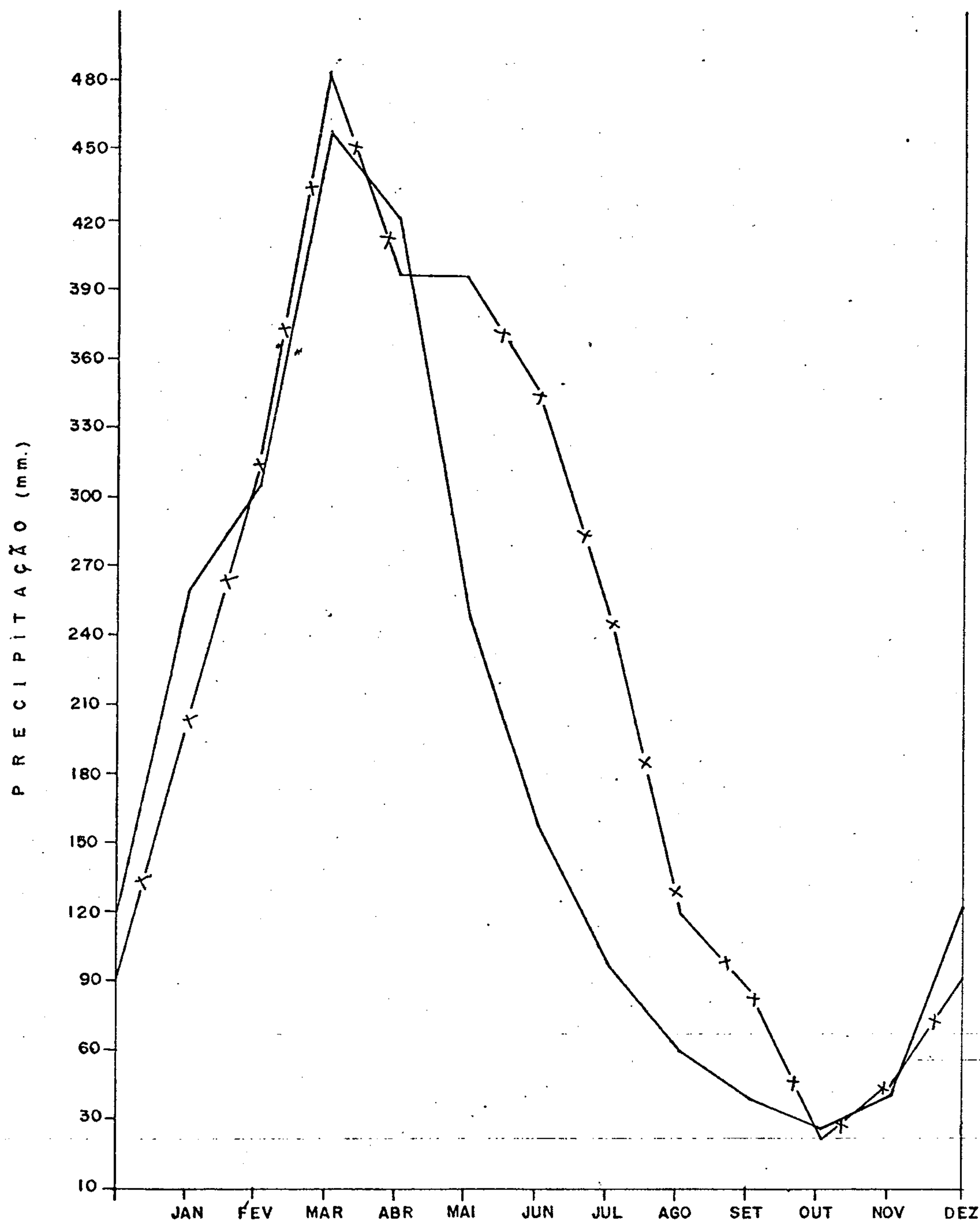
FOLHA - 03

CATÁLOGO DE OBSERVAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS

CÓDIGO	NOME DA ESTAÇÃO														OBSERVAÇÕES							
		1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	FONTE	MÉDIA
2658872	Alto Turi-MA																				SUDENE	2.173,2
2678175	Bom Jardim																				SUDENE	1.723,8
2668275	Centro Josias																				SUDENE	1.887,3
2659208	Curva Grande																				SUDENE	2.520,4
2669711	Maraja																				SUDENE	1.791,2
	Maracatumé																				SUDENE	2.500,0
2659637	Paraiso																				SUDENE	2.864,7
2679232	Pindaré Mirim																				SUDENE	2.135,1
2659085	Pinheiro																				SUDENE	1.821,4
2679749	Pio XII																				SUDENE	1.472,7
2668678	Rosilandia																				SUDENE	1.895,5
2668479	Zé Doco																				SUDENE	1.767,4

Fig. 2.1.2.2

PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS

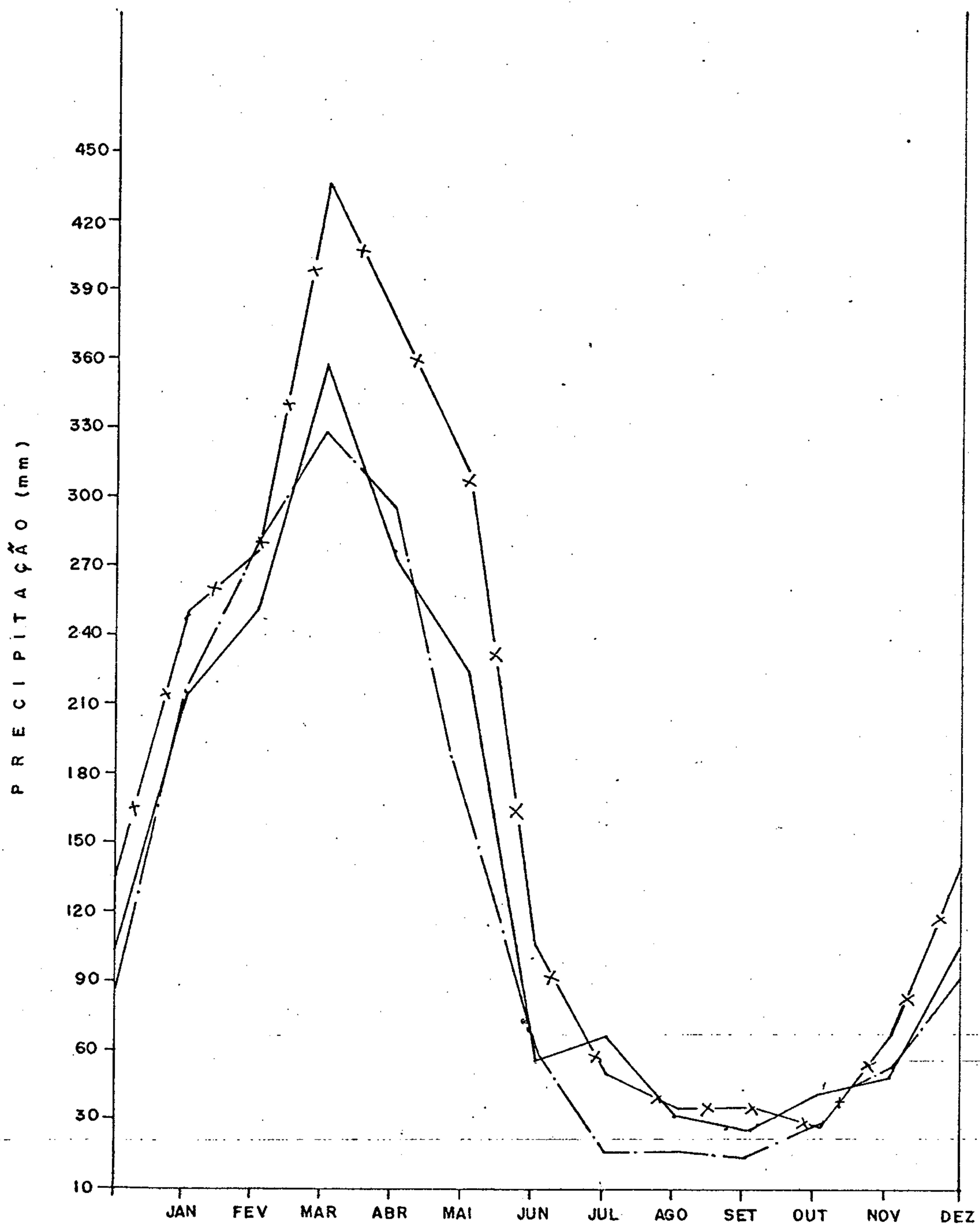


CONVÊNCÕES

SÍMBOLO	LOCALIDADE	PERÍODO	MÉDIA mm. / ano
—	Alto Turil (MA)	1962 / 1978	2.102
—x—	Paraíso (MA)	1965 / 1976	2.182

Fig. 2.1.2.3

PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS

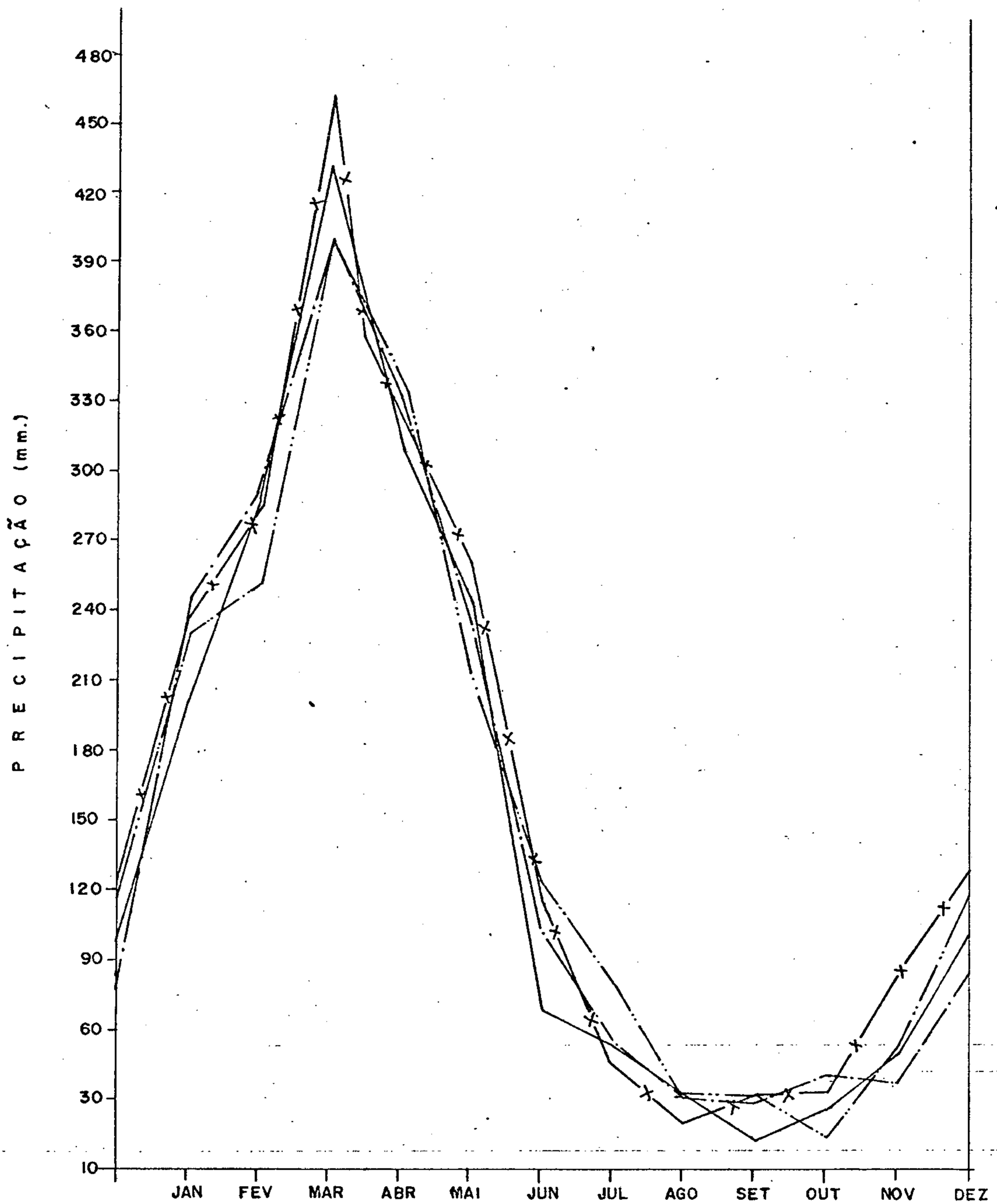


CONVENÇÕES

SÍMBOLO	LOCALIDADE	PERÍODO	MÉDIA mm./ano
—	Bom Jardim (MA)	1962 / 1974	1.667
—X—	Pindaré Mirim (MA)	1962 / 1978	2.029
— · —	Plo XII (MA)	1965 / 1978	1.551

Fig. 2.1.2.4

PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS

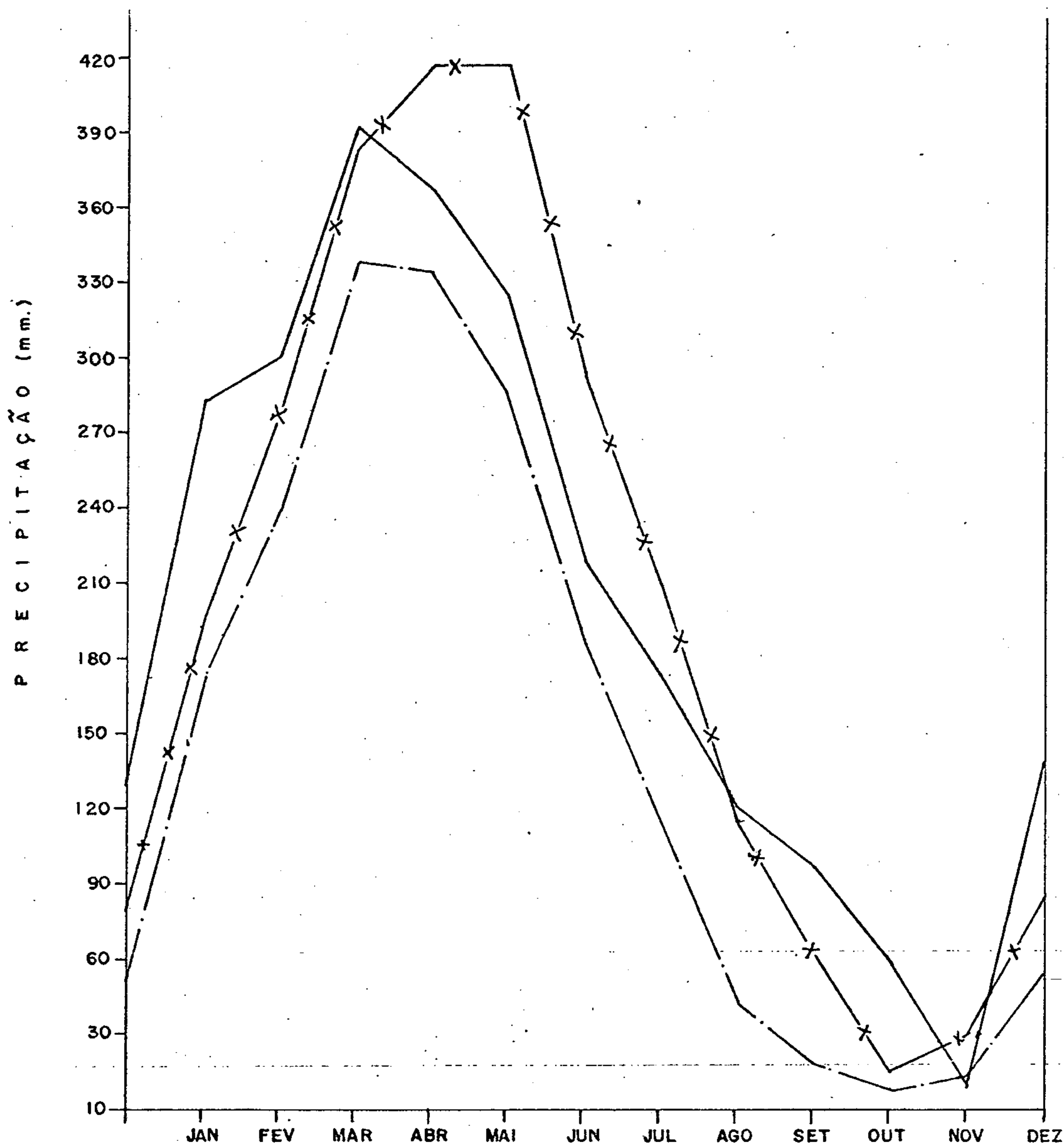


CONVENÇÕES

SIMBOLO	LOCALIDADE	PERÍODO	MÉDIA mm./ano
—	Marajó	1966 / 1973	1.738
— X —	Rosilandia	1962 / 1976	1.916
— · —	Zé Doca	1965 / 1978	1.793
— - - —	C. Josias	1962 / 1974	1.858

Fig. 2.1.2.5

PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS



CONVENÇÕES

SÍMBOLO	LOCALIDADE	PERÍODO	MÉDIA mm. / ano
—	Maracáçume	1972 / 1978	2.500
— X —	Curva Grande	1965 / 1976	2.483
— · —	Pinheiro	1965 / 1978	1.844

Fig. 2.1.2.6

Zé Doca (MA) no período 75/78 foi de 26,2°C, com 25,4°C como média mensal mais baixa (janeiro) e 27,5°C como média mensal mais alta (novembro).

Em algumas regiões a temperatura chegou aos 38°C em meses mais quentes.

2.1.4 - Evaporação, Umidade Relativa e Insolação

Em relação aos três elementos climáticos evaporação, umidade relativa e insolação, observou-se o comportamento de dois locais na área: Zé Doca, no Estado do Maranhão e Paragominas, no Estado do Pará com os seguintes resultados:

QUADRO 2.1.4.1
MÉDIA DE ELEMENTOS CLIMÁTICOS

LOCAL	EVAPORAÇÃO (mm)			UMIDADE RELATIVA (%)			INSOLAÇÃO (hs)		
	TOTAL	MÁX.	MÍN.	MÉDIA ANUAL	MÁX.	MÍN.	TOTAL	MÁX.	MÍN.
ZÉ DOCA (MA)	1581	221,6 (nov)	68,0 (mar)	78	88	73	2256	252 (jul)	105 (jan)
PARAGOMINAS (PA)	1209	164,6 (nov)	47,0 (fev)	97	98	95	-	-	-

2.1.5 - Aridez

O mapa auxiliar de zoneamento árido (Figura 2.1.5.1) mostra uma linha de índice de aridez de valor 50 atravessando a área no sentido sudoeste-nordeste próximo a extremidade sudeste da Folha.

O índice de aridez aqui referido é obtido a través da fórmula de De Martone:

$$I = P / (t + 10)$$

sendo:

I = índice de aridez

P = precipitação anual total (em mm)

t = temperatura média (°C)

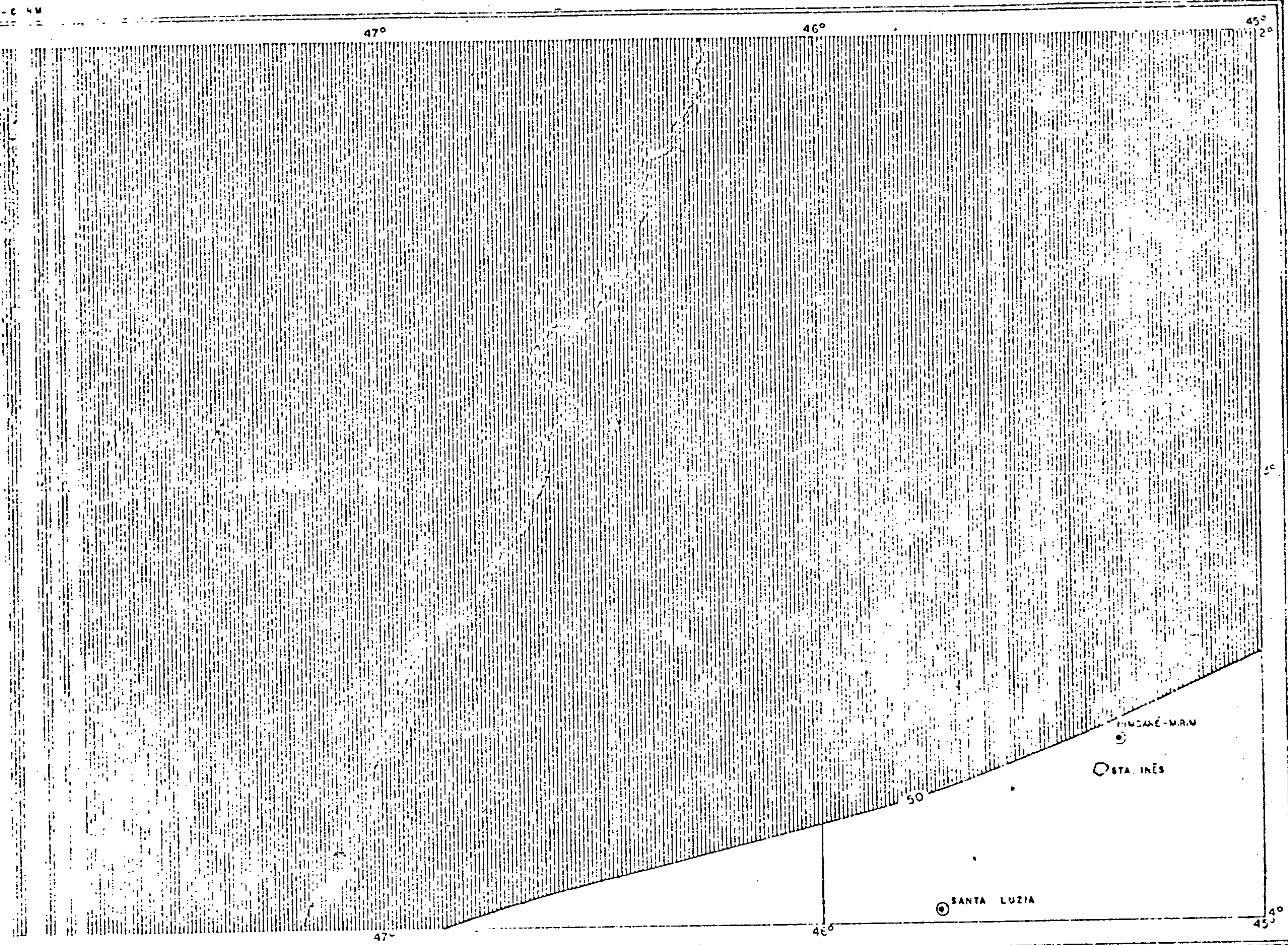
Esta linha de 50 separa a área em duas zonas, cujas características, quanto à sua aridez são:

- a) a zona de índice acima de 50 apresenta escoamento volumoso e abundante, com ocorrências de grandes florestas;
- b) a zona de índice inferior a 50 define uma vegetação típica de floresta e apresenta escoamento permanente.



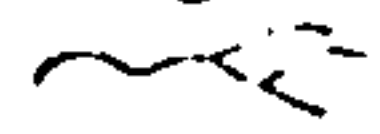

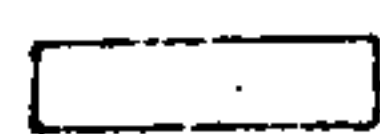
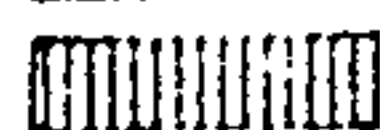
Conseqüentemente, os índices acima referidos não caracterizam a área como árida.

2.1.6 - Elementos de Balanço Hídrico

O estudo do balanço hídrico é de fundamental



ZONAMENTO ÁRIDO
SEGUNDO E. DE MARTONE

- CONVENÇÕES
-  Cidade Principal
 -  Sede Municipal
 -  Rio
 -  Limite Interestadual
 -  40-50
 -  > 50

ES. ALA 1:100.000
0 10 20 30 40 Km

Fig. 2.1.5.1

importância quando se realizam pesquisa hidrogeológicas , pois através deste balanço ficam determinados os parâmetros de evapotranspiração, infiltração e escoamento.

Os dados de evapotranspiração são inexistentes, de maneira que foram calculados, empiricamente, pela fórmula de Turc:

$$E_p = 0,4 (I_g + 50) t / (t - 15)$$

onde,

E_p = evapotranspiração potencial (mm)
 I_g = valor médio da radiação solar ($\text{cal}/\text{cm}^2/\text{dia}$)
 t = temperatura média mensal ($^{\circ}\text{C}$).

Para o mês de fevereiro adota-se a fórmula:

$$E_p = 0,37 (I_g + 50) t / (t - 15)$$

O cálculo do balanço hídrico da Folha 03 foi efetuado através do método de Thornthwaite (Quadro 2.1.6.1).

A determinação do valor médio da radiação solar foi obtida com o uso do mapa de Black.

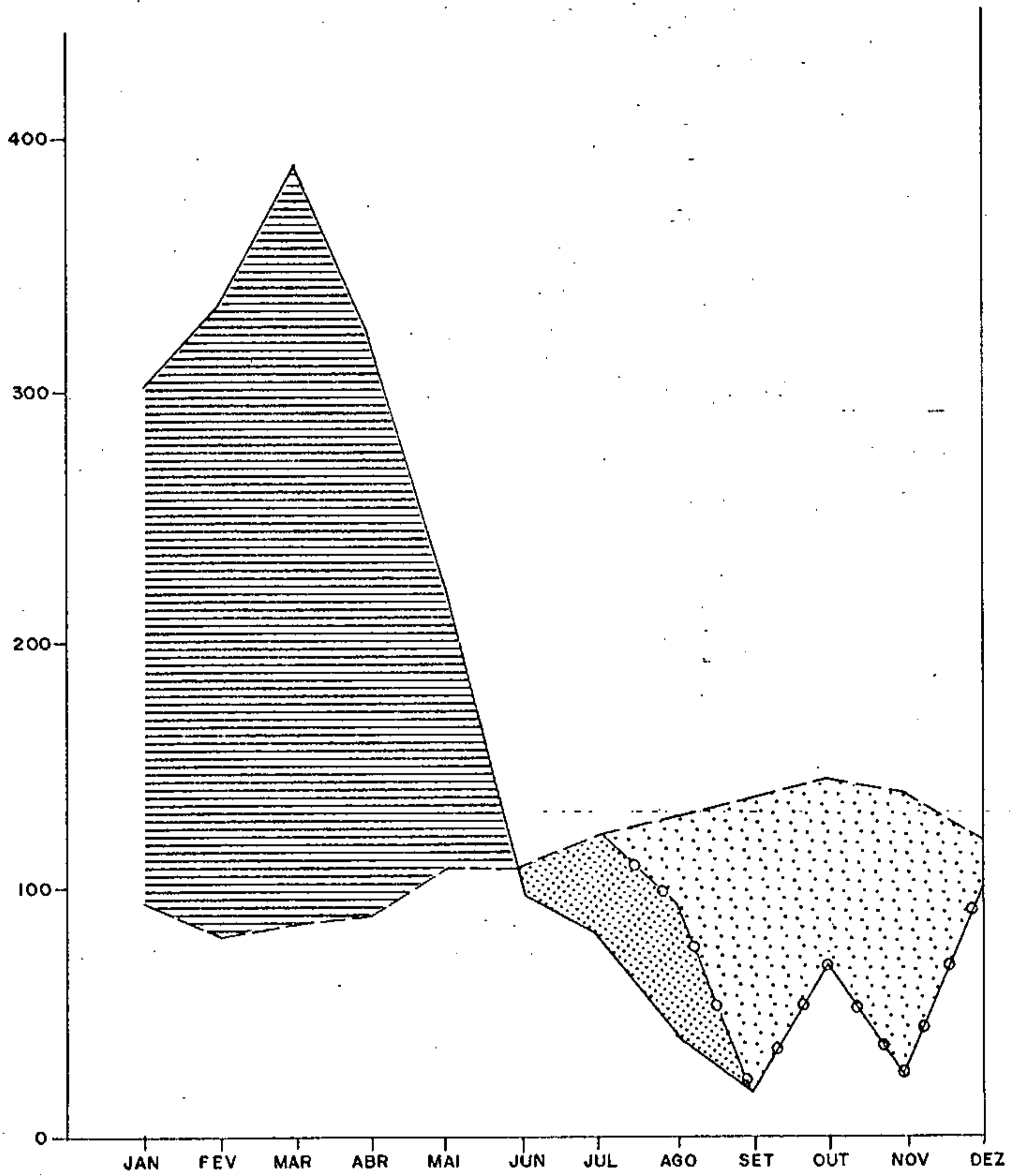
O balanço hídrico está representado, graficamente, na Fig. 2.1.6.2.

2.2 - HIDROLOGIA

2.2.1 - Sub bacias da Folha 03

Os cursos de água do Brasil estão reunidos

BALANÇO HIDROLÓGICO EM ZÉ DOCA

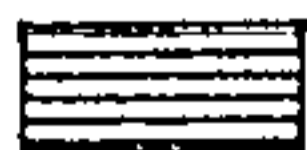


LEGENDA

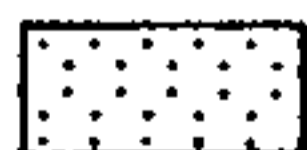
— P

- - - Ep

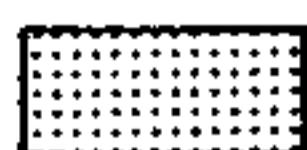
-o-o- ER



Excesso de água + Reconstituição das reservas



Déficit de água



Restituição das reservas de água do solo

em 8 bacias ou regiões hidrográficas e estas bacias estão subdivididas em sub-bacias (Op.cit).

A área em estudo está situada na Bacia 3, onde estão reunidas as sub-bacias do Atlântico Norte-Nordeste; as sub-bacias que ocorrem na área em estudo são as SBH-31, SBH-32 e SBH-33 (Fig. 2.2.1.1).

O Rio Capim da sub-bacia SBH-3 é o mais destacado na área, na sua porção noroeste com escoamento na direção norte.

É um curso de água importante sendo utilizado, inclusive, como única via de acesso a determinadas localidades.

Esta sub-bacia ocupa quase que um terço da área pesquisada.

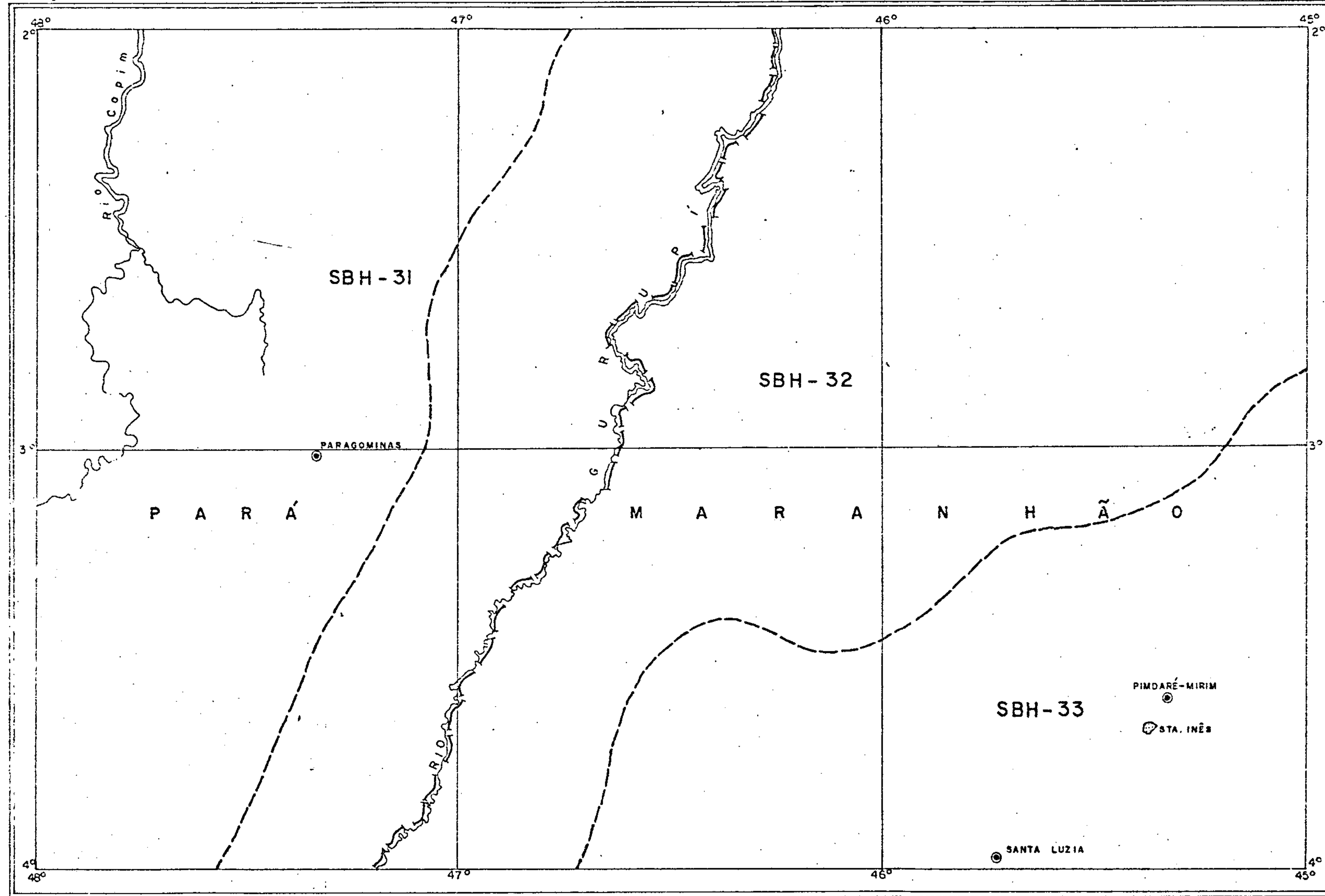
A sub-bacia SBH-32 apresenta como principal curso de água o Rio Gurupi, que serve de limite entre os Estados do Pará e do Maranhão. O seu escoamento se verifica na direção nordeste.

Esta sub-bacia cobre aproximadamente metade da área.

O Rio Gurupi é o curso de água de maior importância dentro da área em estudo.

Finalmente a sub-bacia SBH-33 situada na parte sudeste da área tem por principal curso de água o Rio Pindaré.

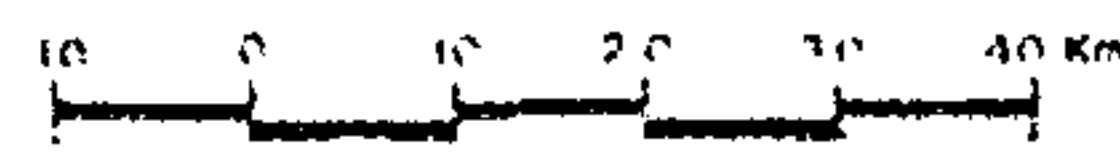
Estações fluviométricas são encontradas em Badajós (Rio Capim - código 31700000), em Canindé (Rio Gurupi - código 325600), em Maracaçumê (Rio Maracaçumê - sub-bacia do Gurupi) em Alto Turi (Rio Turiaçu -SBH-3) e finalmente em Pindaré-Mirim (Rio Pindaré).



BACIAS E SUB-BACIAS
HIDROGRÁFICAS COM
REDE FLUVIOMÉTRICA

- CONVENÇÕES
- Cidade Principal
 - Sede Municipal
 - Rio
 - Limite Interstodual
 - Limite do Sub-Bacio Hidrográfico
 - SBH-33 Sub-Bacio Hidrográfico

ESCALA 1:1.000.000



2.2.2 - Recessão em Pindaré-Mirim (Rio Pindaré)

O estudo da recessão permite avaliar, através de dados estatísticos das descargas de um curso de água, a contribuição de água subterrânea das camadas aquíferas ao rio.

O período de recessão de um rio ocorre durante a época em que a falta das chuvas se faz sentir e os cursos de água tem suas descargas diminuídas, recebendo, então, contribuição por parte das camadas aquíferas que o curso de água atravessa.

O ponto escolhido, devido a maior facilidade de obtenção dos dados foi Pindaré-Mirim, no Rio Pindaré cujas coordenadas geográficas são $03^{\circ}34'S$ e $45^{\circ}24'W$.

As médias obtidas em seis anos de observação (72/79) para esta estação estão abaixo citadas:

- descarga máxima $781 \text{ m}^3/\text{s}$
- descarga média $240 \text{ m}^3/\text{s}$
- descarga mínima $28 \text{ m}^3/\text{s}$
- descarga anual 7.585 Hm^3

Considerou-se como período de recessão para este rio, o intervalo 06 de setembro a 12 de novembro, sendo o cálculo do coeficiente de recessão (α) obtido pela utilização da fórmula:

$$Q_t = Q_o \cdot e^{-\alpha t}$$

onde:

- Q_t = vazão no tempo t ($m^3/seg.$)
 Q_o = vazão no início da recessão
 t = período recessão (dias)
 e = base dos logaritmos neperianos
 α = coeficiente de recessão

A curva de recessão está elaborada, graficamente, no Quadro 2.2.2.1 determinando-se os seguintes valores básicos para o cálculo da recessão:

$$\begin{aligned}
 Q_t &= 29 \text{ m}^3/\text{s} \\
 Q_o &= 40 \text{ m}^3/\text{s} \\
 t &= 68 \text{ dias}
 \end{aligned}$$

Com estes valores pode-se determinar, com o auxílio de logaritmos, o valor do coeficiente de recessão (α):

$$\alpha = 4,7 \times 10^{-3} \text{ dia}^{-1}$$

O volume da recessão é dado, então, pela fórmula:

$$\begin{aligned}
 V_r &= Q_o \int_{t_o}^{\infty} e^{-\alpha t} dt = \\
 &= \frac{Q_o}{\alpha} \cdot (86.400) \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Após o cálculo, obtêm-se o volume de recessão da ordem de 735 Hm^3 equivalente ao volume armazenado no momento considerado para início do esgotamento do aquífero.

CURVA DE RECESSÃO DO RIO PINDARÉ EM PINDARÉ-MIRIM (M³)

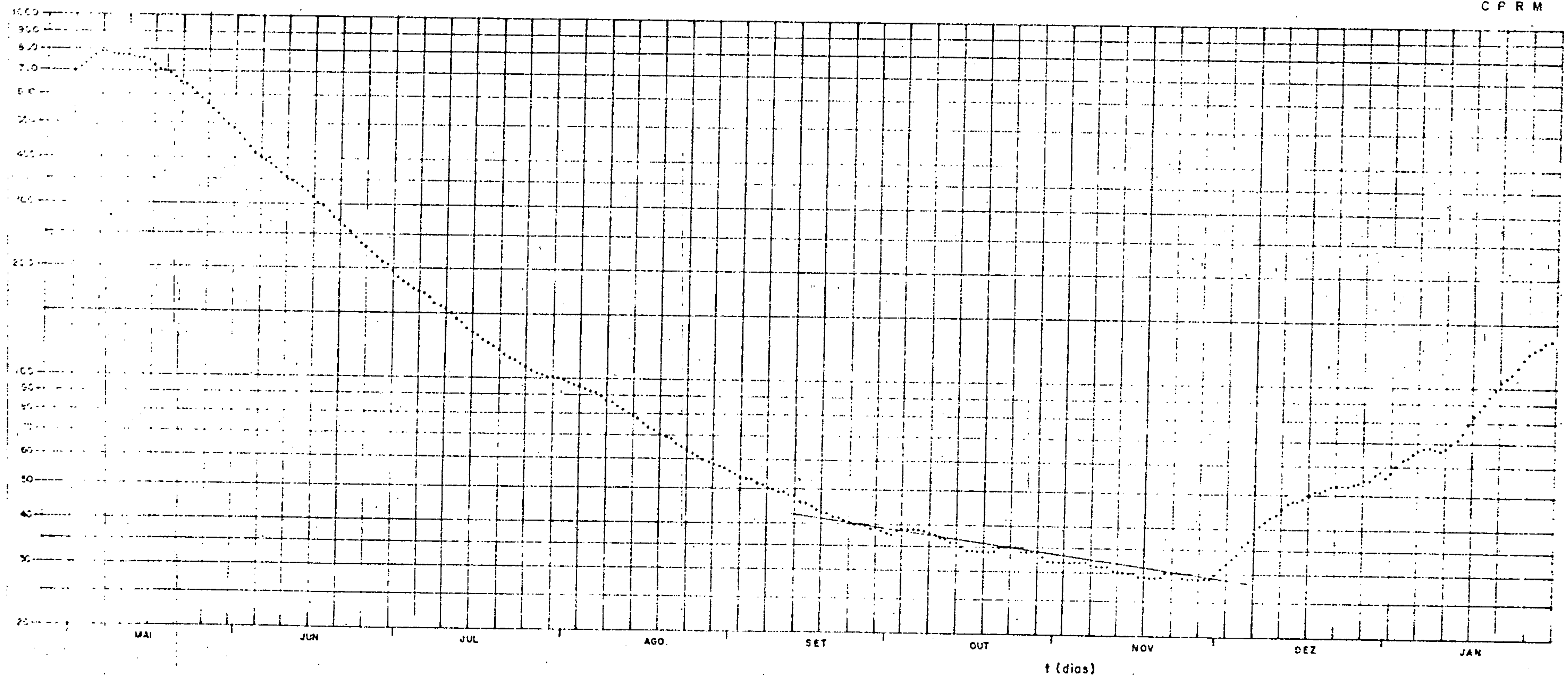


Fig.

Fig. 2.2.2.1

2.3. - MORFOLOGIA

Geograficamente, a área situa-se, nas regiões norte a nordeste do Brasil, nas proximidades da borda setentrional na Bacia do Meio-Norte e abrange partes dos Estados do Pará e Maranhão.

A Bacia do Meio-Norte não apresenta efeitos estruturais muito fortes, verificando-se, apenas, dobramentos suaves e falhamentos de pequeno rejeito (Projeto Global, 1978).

As chapadas e feições geomorfológicas de maiores altitudes que ocorrem em regiões ao sul da área dão, gradualmente, lugar a um relevo mais arrasado e colinoso, e de planícies de inundação.

As principais expressões geomorfológicas da área são:

a) Planícies - planícies aluvionares e regiões planas.

b) Baixos Platôs - caracterizado por uma topografia suave, patamares baixos e terraços escalonados, cujas cotas não ultrapassam cem metros; ocorrem principalmente nos divisores de águas dos rios Gurupi e Piriá, Capim e Guamã.

c) Peneplanos - representados pelos relevos arrasados, com cotas médias de 50 a 100 metros.

d) Maçiços residuais - estes maços são representados pelas serras alongadas, e os inselbergs gnáissicos.

2.4 - VEGETAÇÃO

A vegetação que ocorre nesta Folha pode ser descrita pelos tipos abaixo relacionados:

Floresta Perenifolia Hidrofila Hileana Amazônica - Este tipo de vegetação ocupa a parte mais ocidental da área. As suas árvores são de grande porte, podendo alcançar até 60 metros de altura, e estando, as suas ramificações nas partes mais elevadas em virtude da competição pela luz solar. Cedro branco, maçaranduba, tucara, castanheira, sucupira e guaruba rosa, são algumas das espécies de maior ocorrência.

Os limites com a floresta do tipo subcaducifolia amazônica são imprecisos e irregulares, não sendo fácil a sua identificação.

Floresta Subcaducifolia Tropical Amazônica - esta vegetação ocorre subordinada a climas quentes-úmidos.

As árvores apresentam alturas que variam de 30 a 40 metros.

As suas principais espécies são castanha-do-Pará, pau d'arco roxo e amarelo, bacaba-açu, bacupari, andi-roba e sapucaia entre outras.

Campo Inundável - a vegetação característica de campo inundável é encontrado em algumas partes da Baixada Maranhense.

Estes campos são consequências das inundações periódicas dos Rios Pindaré e Grajaú além de outros menores, sendo constituídos de vegetação gramínea.

Reserva Florestal do Gurupi - A reserva florestal do Gurupi é uma das reservas florestais nacionais e foi criada com a finalidade de preservar áreas da Floresta Subcaducifolia A mazônica.

3 - GEOLOGIA

3.1 - GENERALIDADES

A Folha São Luiz-SO, situada no extremo norte-nordeste da Bacia Sedimentar do Parnaíba apresenta ocorrências de rochas sedimentares em sua maior parte, assim como, de rochas cristalinas de idade pré-siluriana. As rochas sedimentares aflorantes pertencem à Formação Itapecuru, coberturas arenosas e aluviões.

As rochas cristalinas estão representadas por rochas gnáissicas de composição variada, granitos e migmatitos diversos, devendo se constituir em um alto estrutural separando os sedimentos da Bacia do Parnaíba dos sedimentos costeiros.

A sequência estrutural mostra superposição ordenada do Complexo Basal, Grupo Gurupi, dos sedimentos cretáceos da Formação Itapecuru, coberturas terciárias arenosas e aluviões.

3.2 - ESTRATIGRAFIA

A coluna lito-estratigráfica da Folha São Luiz-SO, está definida no Quadro 3.2.1.

QUADRO 3.2.1

COLUNA ESTRATIGRÁFICA DAS FORMAÇÕES AFLORANTES

ERA	PERÍODO	UNID. ESTRATIGRÁFICA	LITOLOGIA
CENOZÓICO	QUATERNÁRIO	Aluvião	Cascalho, areias, argilas
	TERCIÁRIO	Cobertura arenosa	Areias, argilas
MESOZÓICO	CRETÁCIO	Formação Itapecuru	Arenito, folhelhos, siltitos, argilitos e calcários margosos.
	PRÉ-SILURIANO	Grupo Gurupi	Ardósias, quartzitos, filitos, xistos, metariolitos.
		Complexo Basal	Granitos, granodioritos, gnais, migmatitos, tonálitos.

3.3 - ROCHAS CRISTALINAS

Ocorrendo em, aproximadamente, vinte por cento da área e ocupando a porção centro-norte da Folha, estas rochas estão agrupadas nas unidades Complexo Basal e Grupo Gurupi.

3.3.1 - Complexo Basal

O Complexo Basal é constituído, essencialmente, por rochas gnáissicas de composição variando de granítica a trondjomítica e também quartzo-diorítica, pegmatitos, dioritos e orto-anfibolitos.

A feição geomorfológica comum é o relevo arrasado e suavemente ondulado, com pequenos morros de encostas suaves, drenagem do tipo dentrítico característico e de ravinamento intenso.

Em alguns locais estão recobertos, discordantemente, pela Formação Itapecuru.

3.3.2 - Grupo Gurupi

O Grupo Gurupi foi estudado em meados da década de 30 por Lisboa e por Moura, sendo denominado então, de Série Gurupi, o conjunto de rochas metamórficas aflorantes nos leitos dos Rios Piriá e Gurupi.

Posteriormente, outros autores, Paiva e Leonardo, descreveram estes metassedimentos como pertencentes a este grupo. Francisco, B.H.R et alii, denominaram Grupo Gurupi a série constituída de filitos, quartzitos, etc, sendo assim adotada pelo Projeto Gurupi (CPRM, 1975).

Este grupo ocorre em faixas alongadas e, está constituído por metassedimentos de baixo grau de metamorfose tais como, quartzitos, filitos e subordinadamente xistos.

3.4 - ROCHAS SEDIMENTARES

As rochas sedimentares que ocorrem na área em estudo são os sedimentos cretáceos da Formação Itapecuru, as coberturas terciárias arenosas e as aluviões.

3.4.1 - Formação Itapecuru (Ki)

Os arenitos de granulometria bastante variada, siltitos e folhelhos de coloração variegada que ocorrem nos leitos do Rio Tocantins foram mapeados pela primeira vez por Campbell no ano de 1949 (op.cit.). Estes sedimentos foram inicialmente denominados de Formação Serra Negra, mudando posteriormente para Itapecuru.

Mesner e Wooldridge (op. cit.) posicionaram a Formação Itapecuru, no Albiano, baseados em correlações estratigráficas com a Formação Tutóia pertencente à Bacia Barreirinhas.

Northfleet e Neves, do mesmo modo de Barbosa et alli, mapeando o flanco ocidental da Bacia Sedimentar do Parnaíba correlacionaram a Formação Itapecuru com a Urucuia.

Este trabalho adota o mesmo ponto de vista do Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba.

Os sedimentos que compõem a Formação Itapecuru ocorrem em aproximadamente 70 por cento da Folha pesquisada.

A variedade dos sedimentos Itapecuru, com predominâncias ora pelítica, ora psamítica dão origem a relevos bastante dissecados ondulados e com uma rede de drenagem adensada, ou então um relevo de extensos chapadões com mesetas ocasionais.

Nas regiões maranhenses encontraram-se baixadas fluviais apresentando arenitos avermelhados, granulação média a grosseira, intercalações de níveis conglomeráticos, argilosos, pintalgados de caulim, estratificação paralela e cruzada.

Intercalações de camadas de argilitos e sil-
titos de coloração variegada, homogêneas, sequenciadas por arenitos avermelhados e esbranquiçados, finos a médios, caulínicos, estratificação cruzada de grande porte, apresentando ocasionalmente estruturas de corte e preenchimento.

A espessura média adotada pelo Projeto Global, foi de 200 metros aflorantes; o ambiente de deposição é continental, fluvial e subordinadamente lacustrino, sendo o clima predominante semi-árido, ocasionando oxidação dos sedimentos.

Esta formação é datada como cretácea.

3.4.2 - Sedimentos Cenozóicos

Os sedimentos cenozóicos são representados por coberturas detríticas terciárias e por aluviões do Quaternário.

Terciário - Coberturas detríticas

Sedimentos areno-argilosos de coloração amarela

relada e avermelhada, homogêneos, mal consolidados, com indicações de forte intemperismo, estão sobrepostos às partes mais elevadas da Formação Itapecuru, e cobrindo uma área relativamente grande.

Quaternário - Aluviões

Estes sedimentos ocorrem em estreitas faixas nos vales dos rios que drenam a área sendo constituídos predominantemente, por areias, argilas e cascalhos.

Suas maiores expressões estão na região da Baixada Maranhense.

4 - HIDROQUÍMICA

4.1 - GENERALIDADES

O estudo hidroquímico foi baseado nos resultados de oitenta e seis análises químicas efetuadas em amostras, coletadas em pontos de água selecionados na área.

As análises foram processadas no Laboratório da Universidade Católica de Pernambuco, sendo determinadas as características físico-químicas (alcalinidade, pH, condutividade elétrica, resíduo seco) e quantificados os principais constituintes iônicos (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ e HCO_3^- , CO_3^{--} , SO_4^{--} e Cl^-), assim como, determinações qualitativas de nitratos e nitritos.

Os resultados foram fornecidos em miligrama por litro (mg/l), posteriormente transformado em miliequivalente por litro (meq/l); verificou-se que os resultados estão dentro dos limites admissíveis de erro.

As amostras analisadas são provenientes de diversos tipos de mananciais (poços tubulares, poços manuais e fontes).

4.2 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Neste item serão analisados os resultados das análises obtidas no Laboratório, em relação à área estudada.

e as principais características hidroquímicas.

Resíduo Seco - os resultados referentes ao resíduo seco indicam águas de baixa salinização; a média dos resíduos secos foi de 187,41 miligramas por litro com a seguinte distribuição:

poços tubulares	189,73	mg/l
fontes	85,00	mg/l
cacimba	191,32	mg/l

Os valores extremos encontrados, por tipo de manancial, foram os referentes à cacimba ou poços manuais rasos com 14,00 e 1.363,00 miligramas por litros, respectivamente para os pontos

O Quadro 4.2.1 mostra a distribuição e as médias encontradas, enquanto o Quadro 4.2.2 mostra a distribuição por frequência dos resíduos secos.

pH - o valor médio de pH encontrado, para as amostras analisadas, é de 6,63, indicando que as águas subterrâneas da região são ligeiramente ácidas.

Em relação ao tipo de manancial observa-se que os poços tubulares apresentam águas ligeiramente alcalinas, enquanto as fontes e poços manuais apresentam águas com ligeira acidez (Quadro 4.2.1).

Os valores médios encontrados foram:

	pH
poços tubulares	7,58
fonte	6,28
poço manual	6,50

Os valores extremos encontrados foram 3,40 (para poço manual) e 8,35 (para poço tubular) respectivamente os pontos

QUADRO 4.2.1
MÉDIAS DE DUREZA, pH E RESÍDUO SECO POR
TIPO DE MANANCIAL

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	D U R E Z A (° F)				pH				RESÍDUO SECO (mg/l)			
	Tipo Manancial	P.T.	P.M.	Fonte	Total	P.T.	P.M.	Fonte	Total	P.T.	P.M.	Fonte
Média	8,04	2,70	4,60	3,45	7,58	6,50	6,28	6,63	189,73	191,32	85,00	187,41
Mínimo	0,30	0,53	0,20	0,20	6,40	3,40	4,50	3,40	19,00	14,00	28,00	14,00
Máximo	22,80	4,00	26,6	26,6	8,35	8,30	7,45	8,35	402,00	1.363,00	152,00	1.363,00

P.T. - poço tubular

P.M. poço manual

QUADRO 4.2.2
DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DOS RESÍDUOS SECOS

RESÍDUO SECO (mg/l)	Nº DE AMOSTRAS POR MANANCIAL			TOTAL DE AMOSTRAS	FREQUÊNCIA (%)	
	PT	PM	F		ACUMULADA	RELATIVA
0 - 100	4	36	2	42	48,44	48,44
100 - 200	-	17	1	18	69,77	20,93
200 - 300	6	6	-	12	83,72	13,95
300 - 400	-	2	-	2	86,05	2,33
400 - 500	1	3	-	4	90,70	4,65
> 500	-	8	-	8	100,00	9,30
TOTAIS	11	72	3	86	100,00	100,00

Dureza - segundo a classificação de Olszewski, as águas são consideradas " muito moles" pois apresentam uma dureza média de 3,45 graus franceses; as médias ficaram assim distribuídas:

poço tubular 8,0° F
 fonte..... 2,7° F
 poço manual 4,6° F

4.3 - CLASSIFICAÇÃO DAS FÁCIES QUÍMICAS

Para a classificação das águas subterrâneas

desta Folha quanto às fácies químicas, foram plotados, em diagramas triangulares de Piper-Hill-Langelier, os percentuais iônicos de cada amostra analisada (Fig. 4.3.6/15).

O Quadro 4.3.16 mostra a distribuição dos diversos tipos de fácies e, também, a frequência relativa de cada um deles.

Conforme exposto no Quadro 4.3.16, observa-se a ocorrência da predominância de águas cloretadas em um percentual de quase quarenta e oito por cento, vindo em seguida as águas cloretadas - carbonatadas com um percentual de vinte e dois por cento.

Quanto ao tipo de água predominante, as águas sódicas destacam-se como as mais frequentes.

4.3.1 - Águas Cloretadas

Pertencem a este grupo as águas em que o ion Cl^- apresenta valores acima de sessenta por cento do total de anions presentes na amostra analisada.

A salinidade é relativamente baixa alcançando uma média de aproximadamente 229 miligramas/litro de resíduo seco; esta salinidade entretanto cai bastante se observarmos os valores médios obtidos para os mananciais poço tubular e fonte, embora o número de dados para cada um destes tipos de manancial seja pouco representativo.



CPRM

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL
RECIFE

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FÁCIES HIDROQUÍMICAS
DIAGRAMA DE PIPER-HILL-LANGELIER

FOLHA 03

AMOST.	SIM	FÁCIES
001.03	⊙	1c
015.03	⊙	1c
017.03	⊙	6g
023.03	⊙	1c
027.03	⊙	1g
082.03	⊙	6g

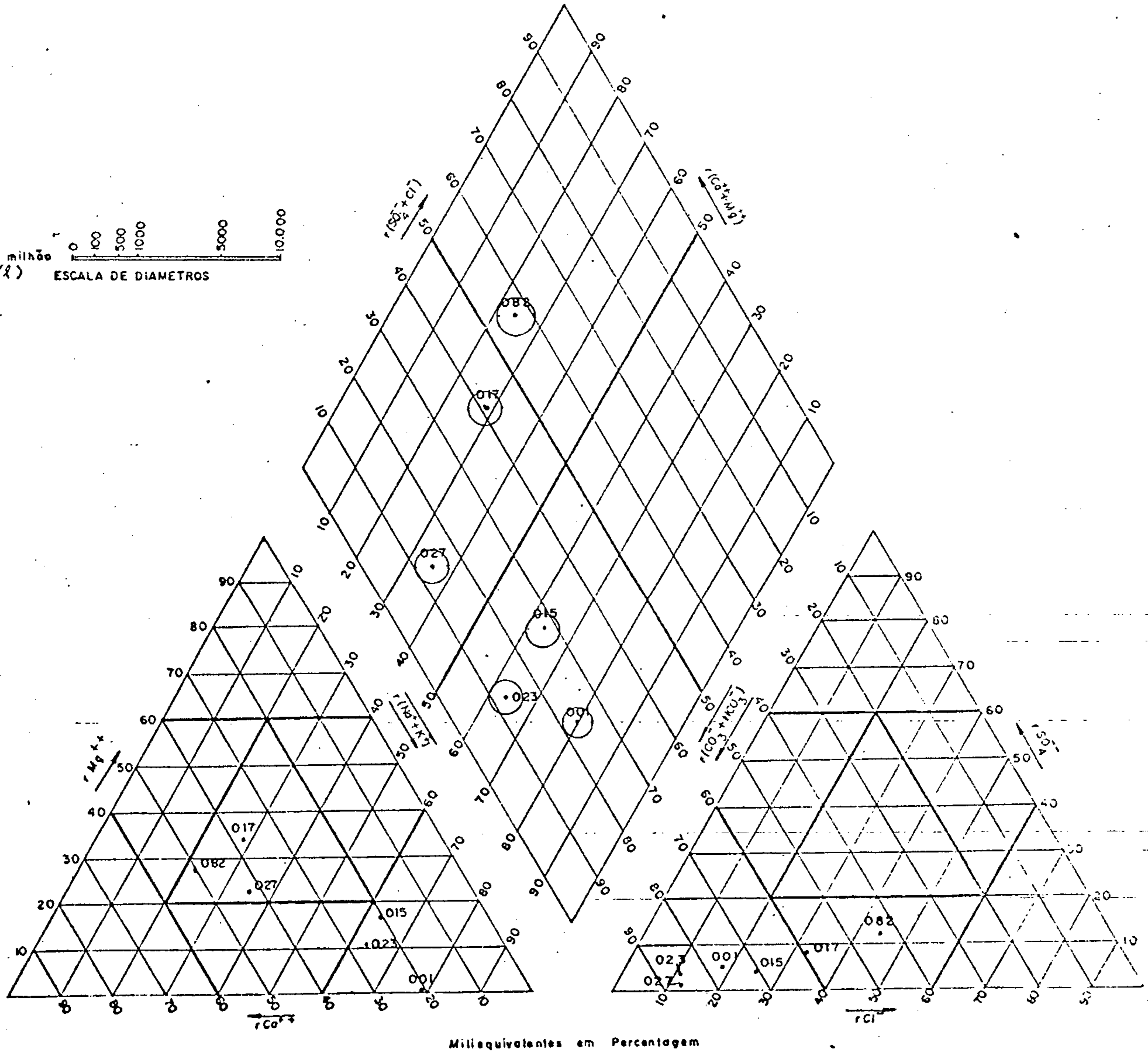
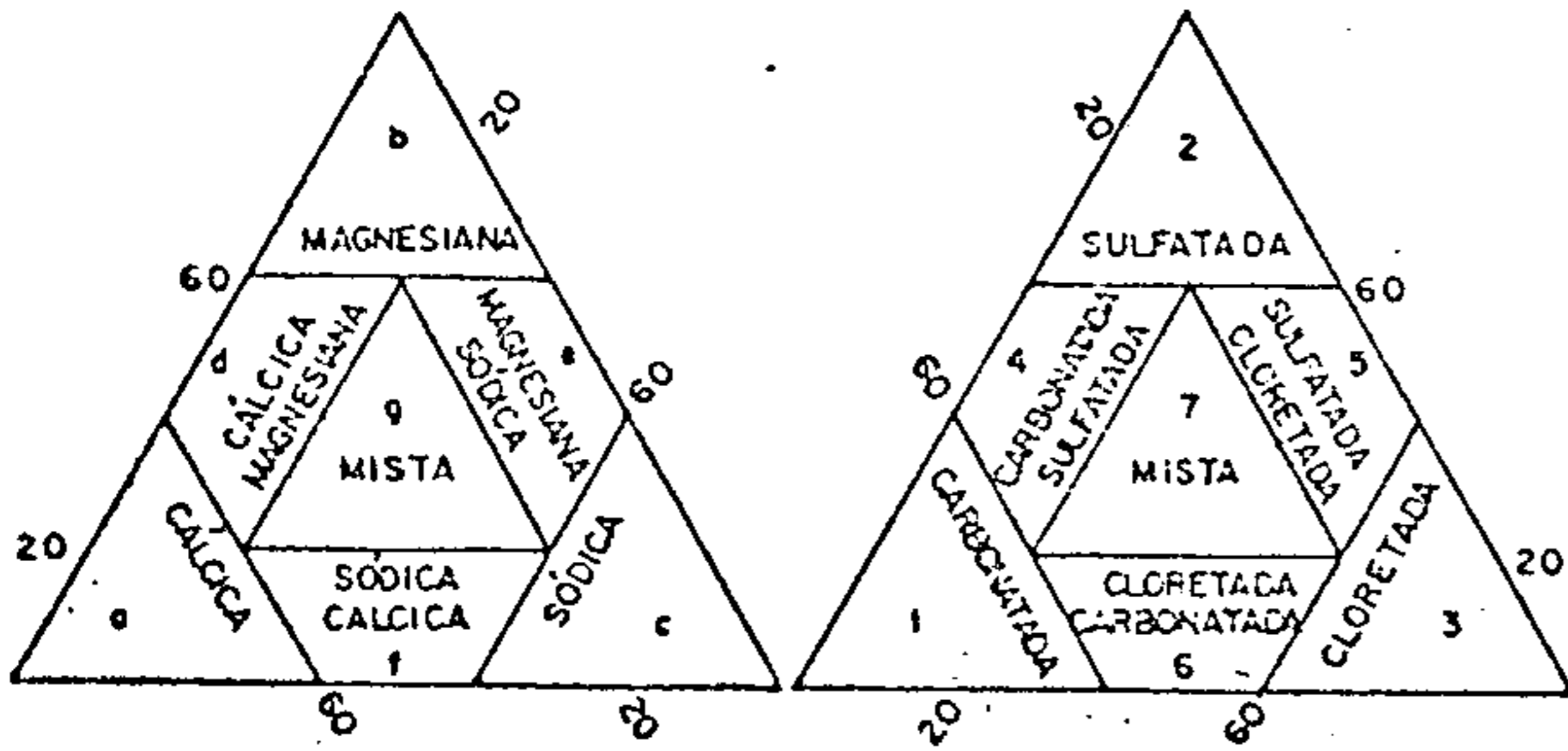


Fig. 4.3.6



CPRM

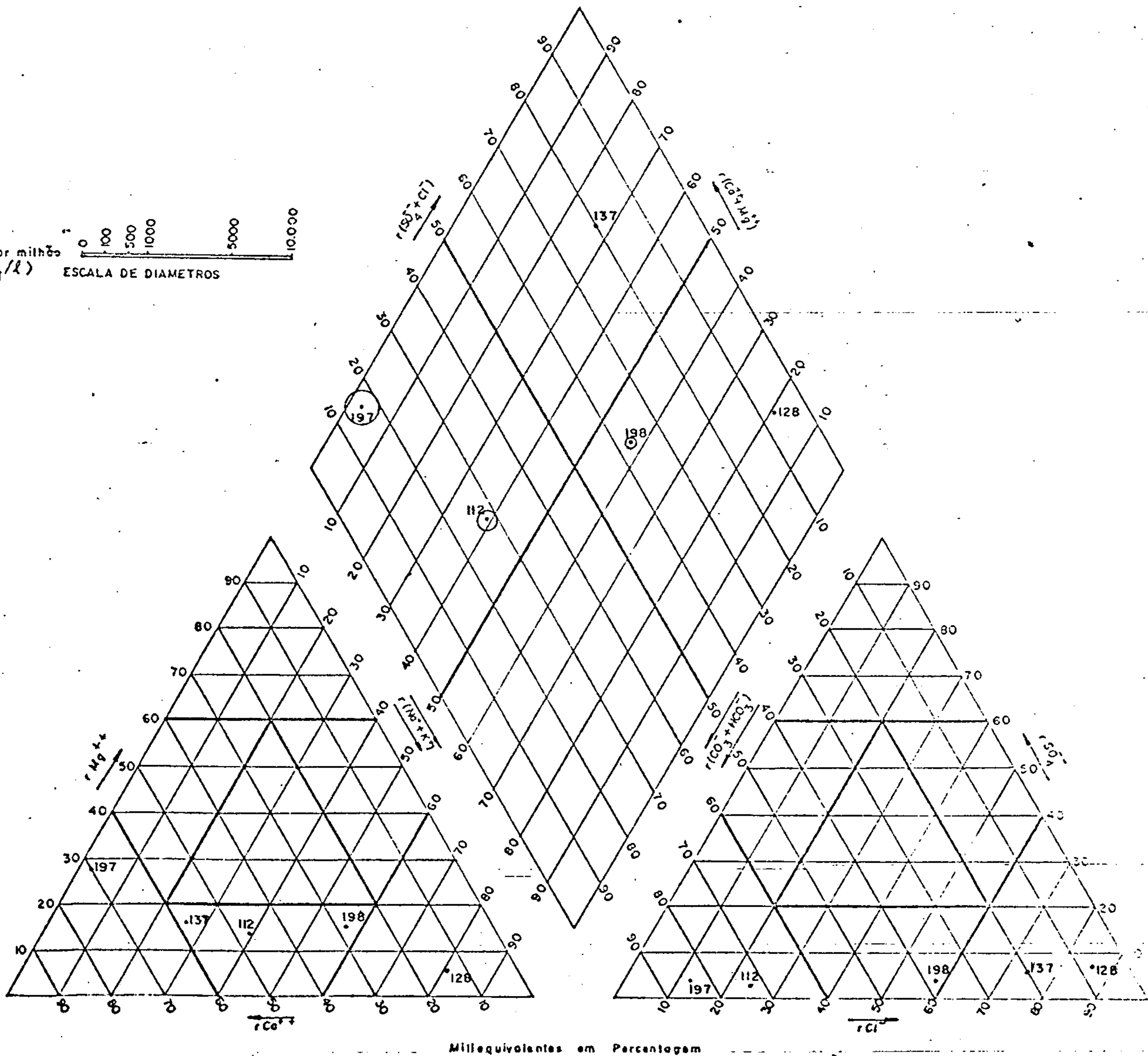
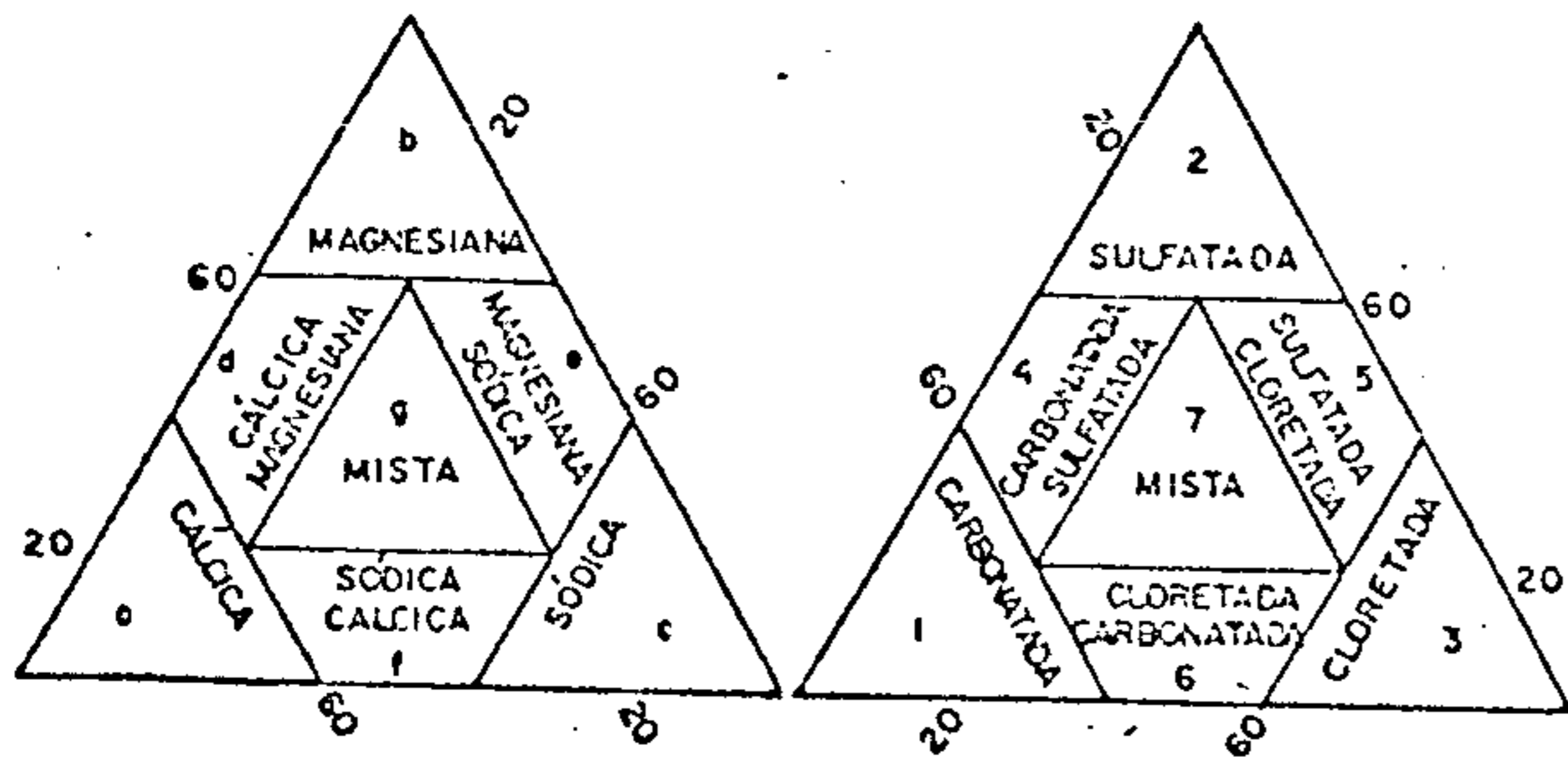
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL
RECIFE

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FÁCIES HIDROQUÍMICAS
DIAGRAMA DE PIPER-HILL-LANGELIER

FOLHA 03

AMOST.	SIMB.	FÁCIES
112.03	⊙	1f
128.03	⊙	3c
137.03	⊙	3f
197.03	⊙	1a
198.03	⊙	6f



Miliequivalentes em Percentagem

Fig. 4.3.7



CPRM

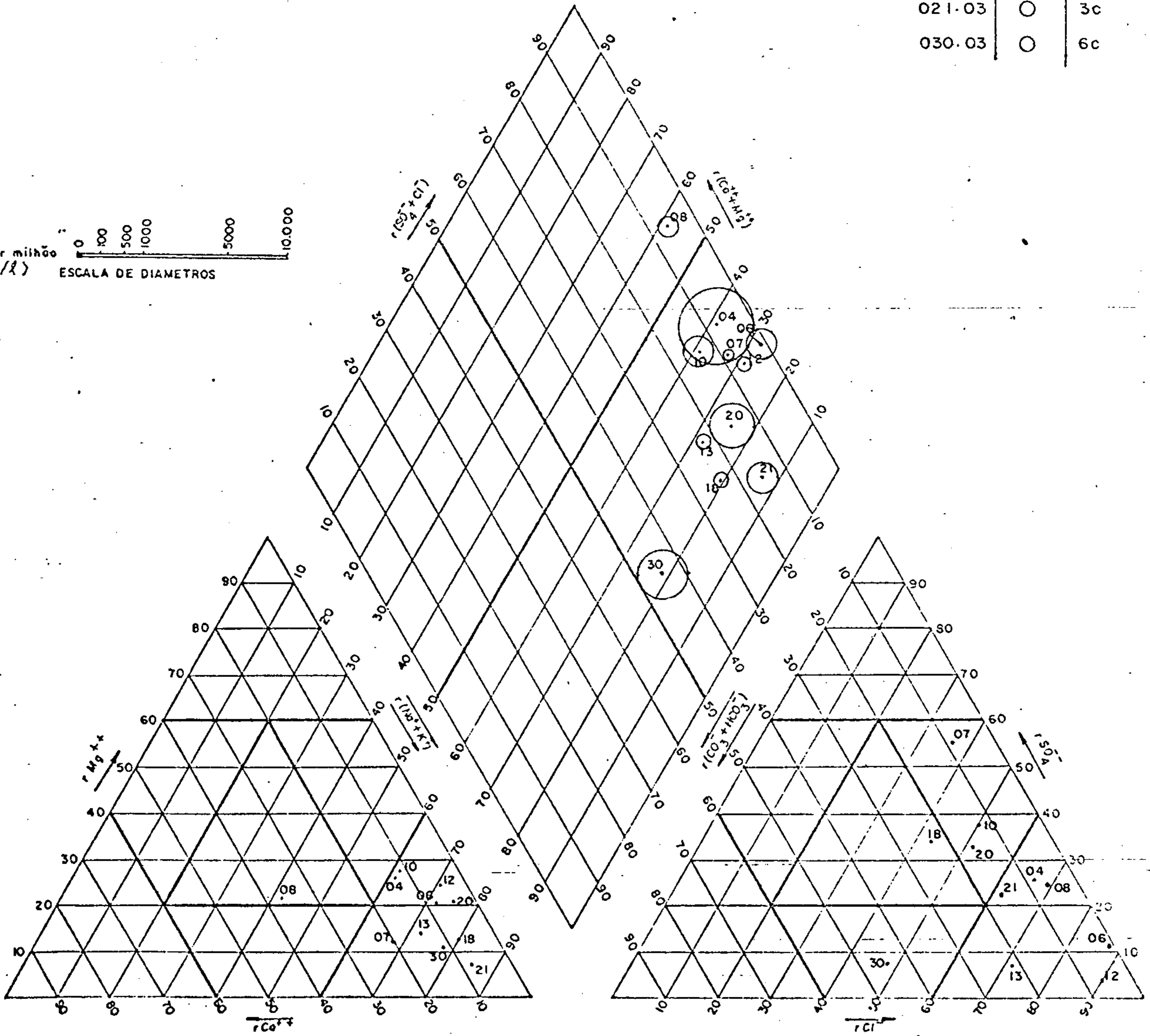
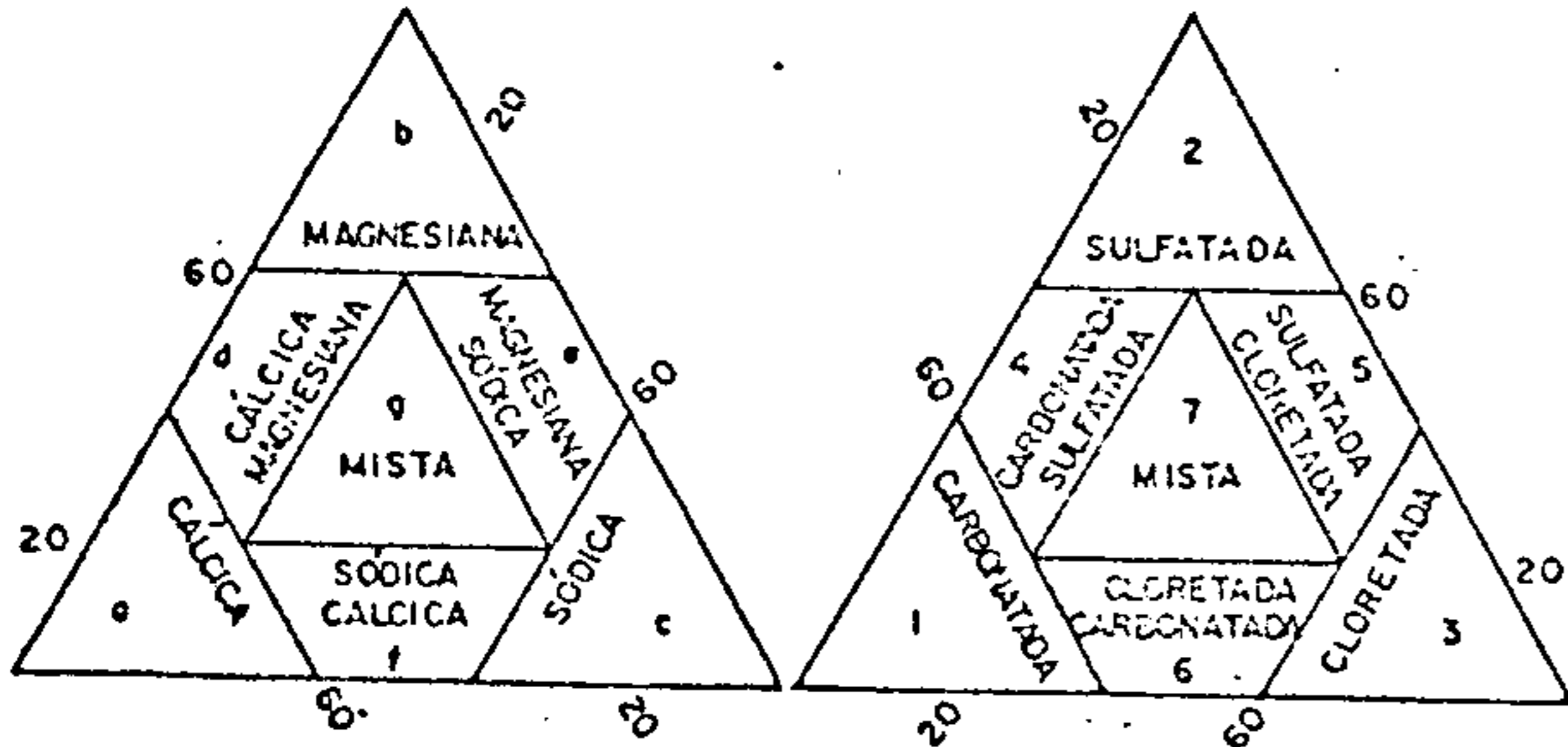
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL
RECIFE

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
MINERAIS, DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FÁCIES HIDROQUÍMICAS
DIAGRAMA DE PIPER-HILL-LANCELIER

FOLHA 03

AMOST.	SIMB.	FÁCIES
004.03	○	3c
006.03	○	3c
007.03	○	5c
008.03	○	3g
010.03	○	5c
012.03	○	3c
013.03	○	3c
018.03	○	7c
020.03	○	5c
021.03	○	3c
030.03	○	6c



Miliequivalentes em Percentagem

Fig. 4.3.8



CPRM

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL
RECIFE

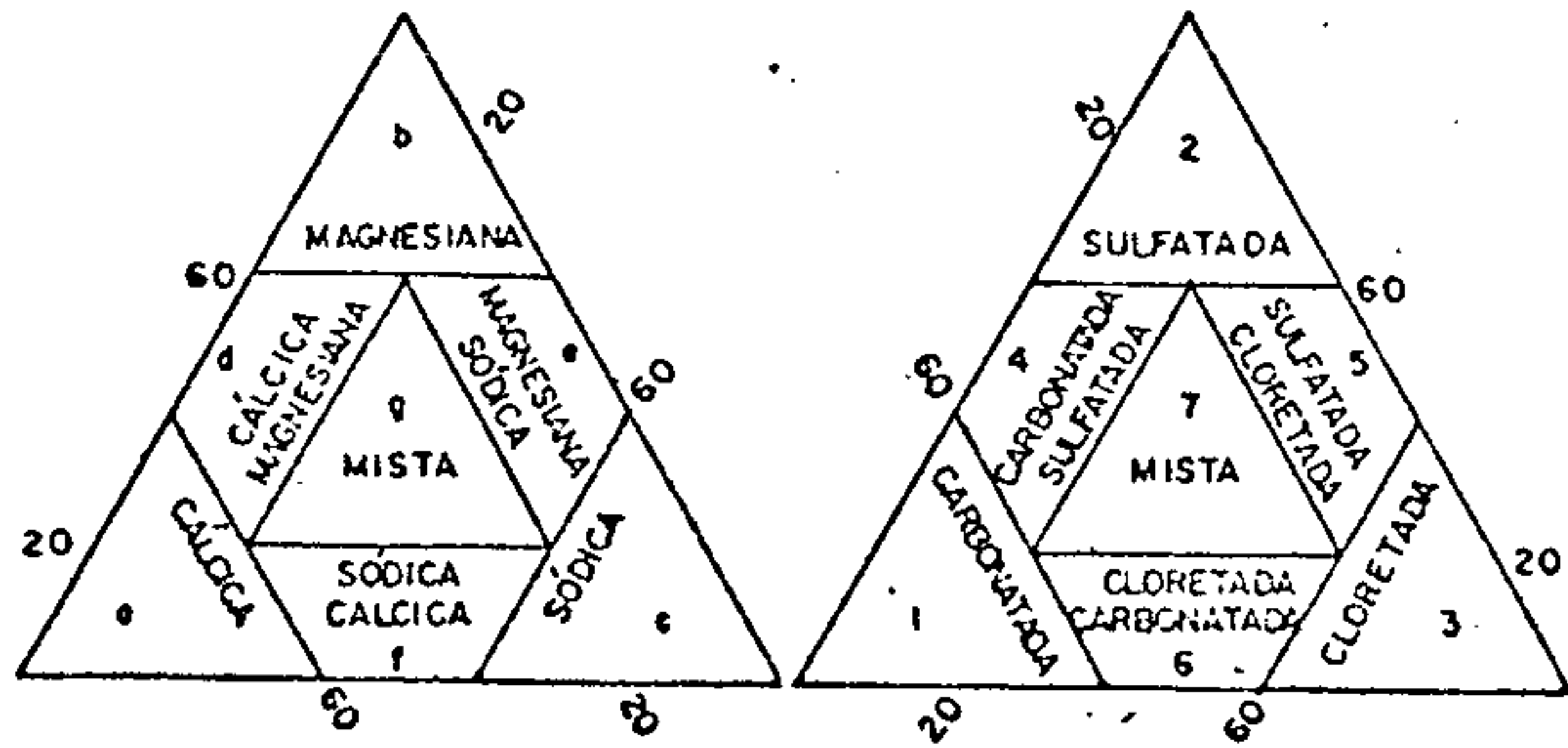
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA

SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FÁCIES HIDROQUÍMICAS
DIAGRAMA DE PIPER-HILL-LANGELIER

FOLHA 03



AMOST.	SIMB.	FÁCIES
031.03	○	3c
033.03	○	3c
040.03	○	6c
047.03	○	3c
048.03	○	3c
049.03	○	3c
050.03	○	1a
051.03	○	3c
053.03	○	3c
054.03	○	7c
055.03	○	7c

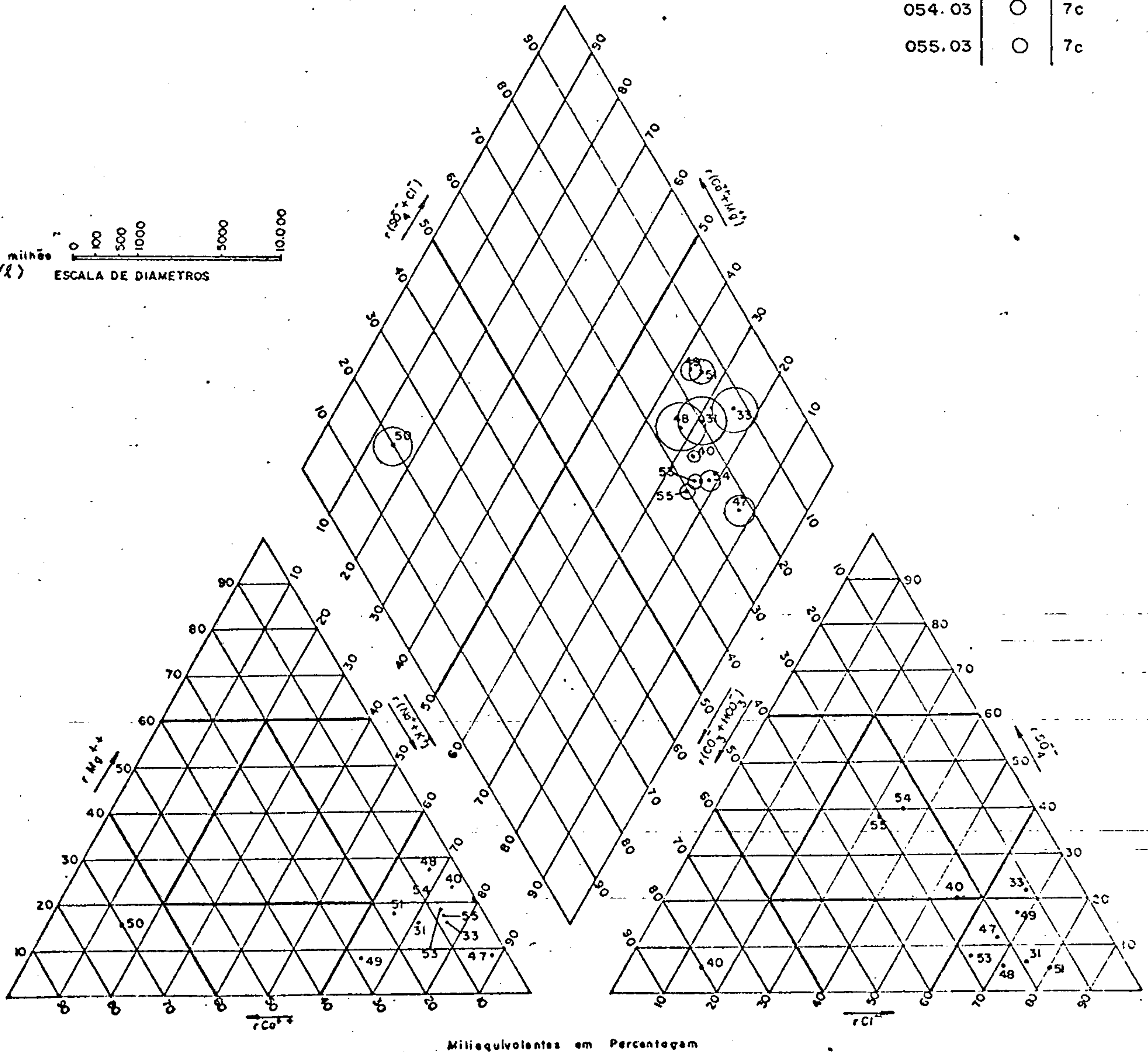
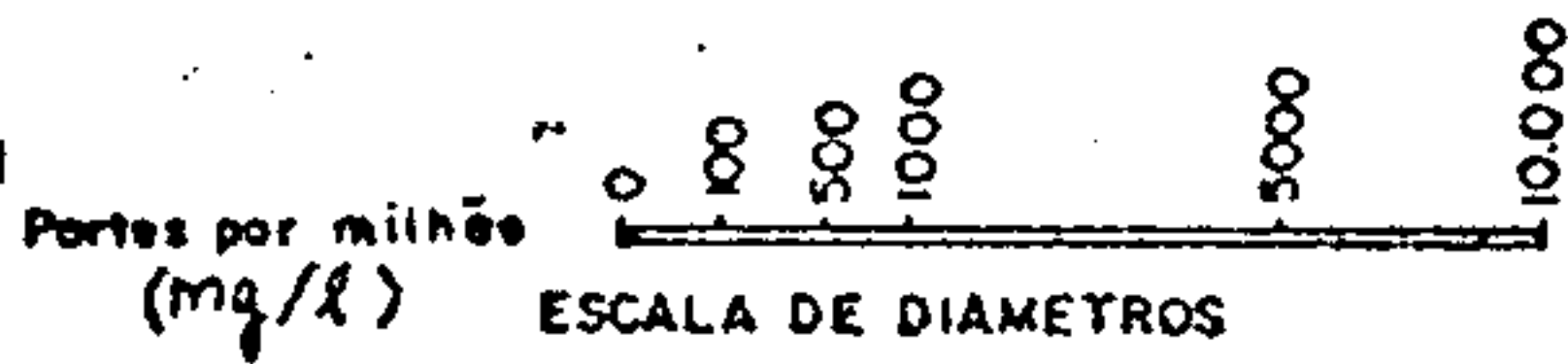


Fig. 4.3.9



CPRM
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL
RECIFE

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FÁCIES HIDROQUÍMICAS
DIAGRAMA DE PIPER-HILL-LANGELIER

FOLHA 03

AMOST.	SIMB.	FÁCIES
056.03	○	7c
057.03	○	5c
066.03	○	1g
067.03	○	3g
069.03	○	1g
070.03	○	1g
071.03	○	1f
073.03	○	3c
074.03	○	6c
075.03	○	3g
084.03	○	3c

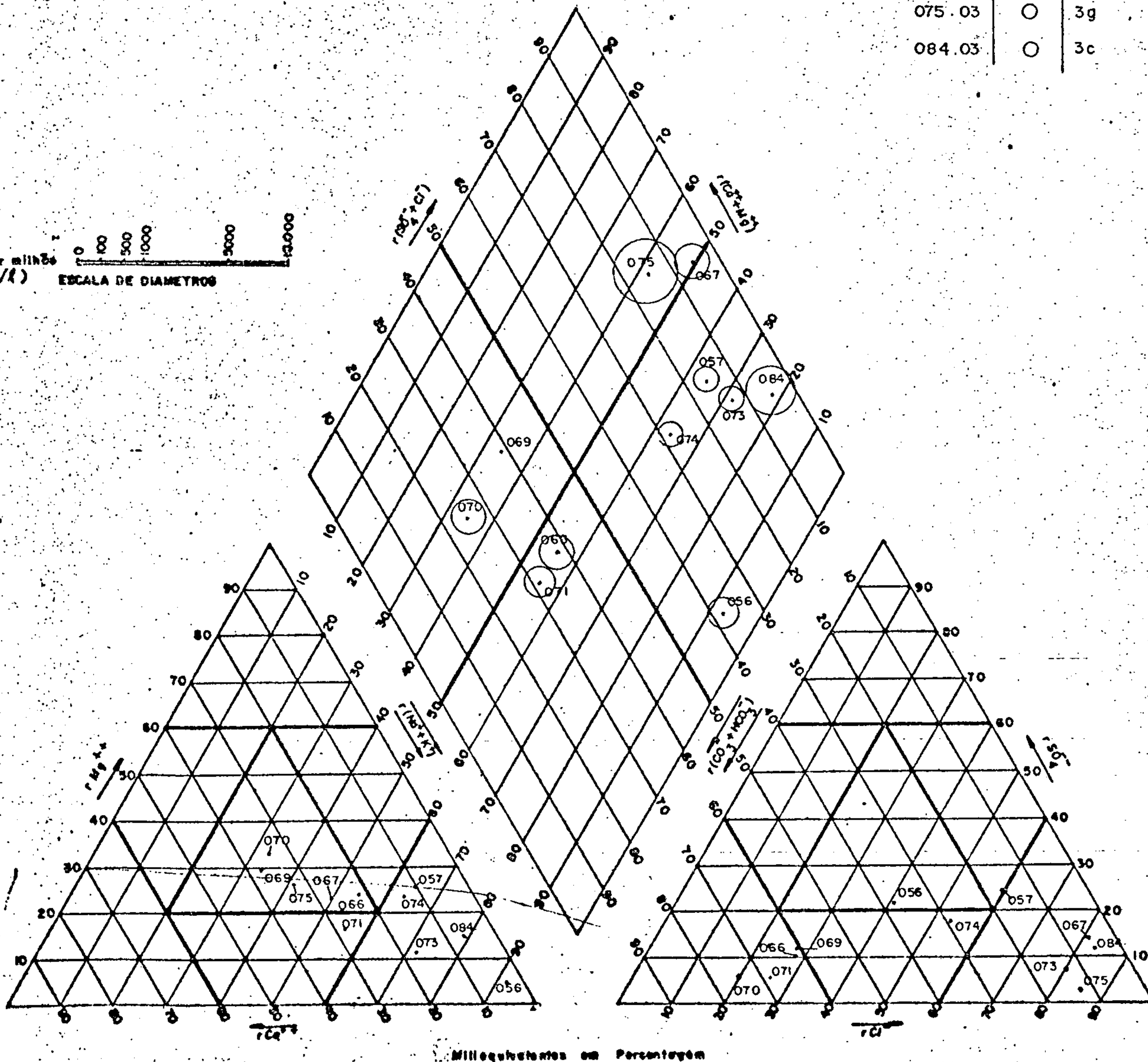
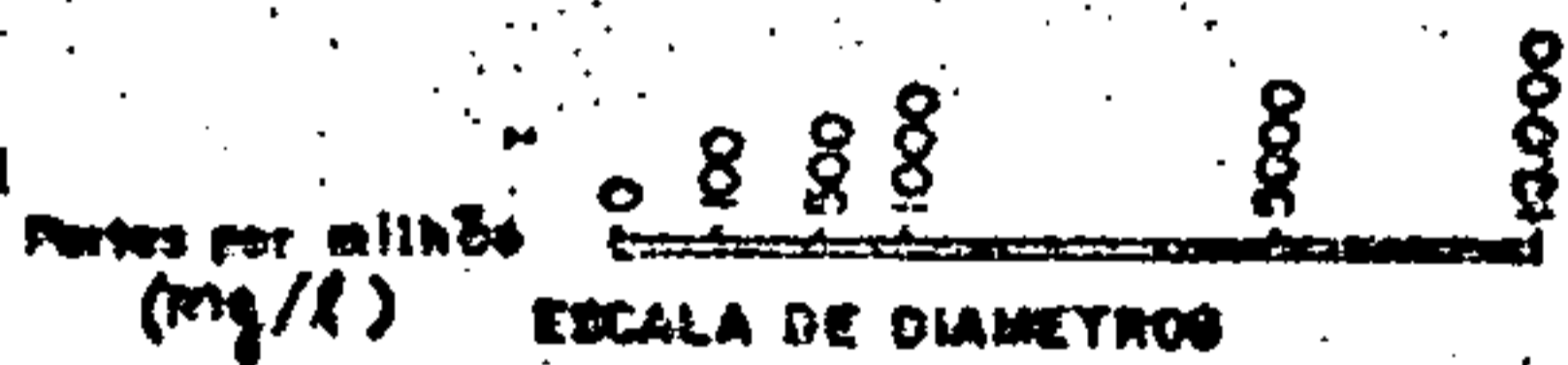
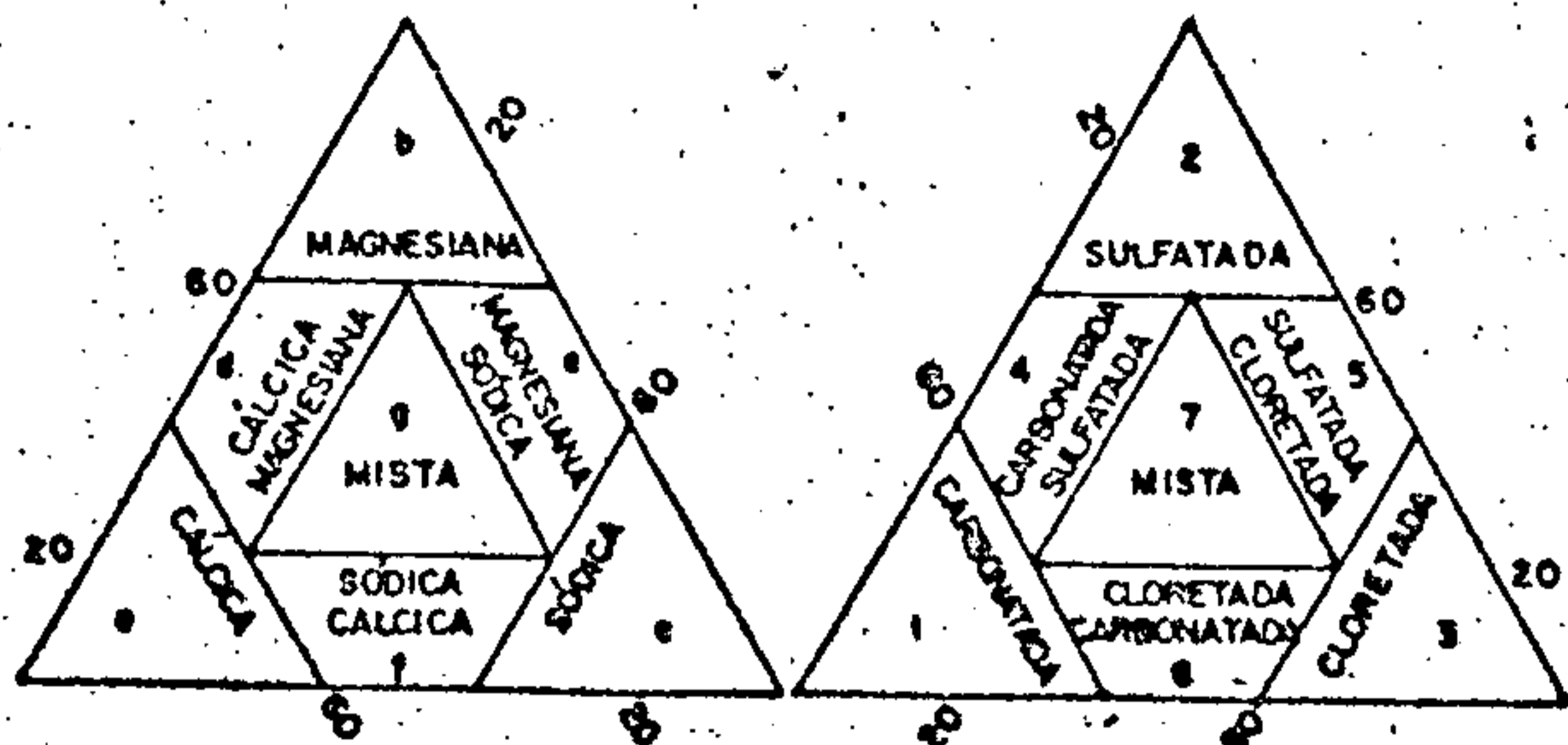


Fig. 4.3.10



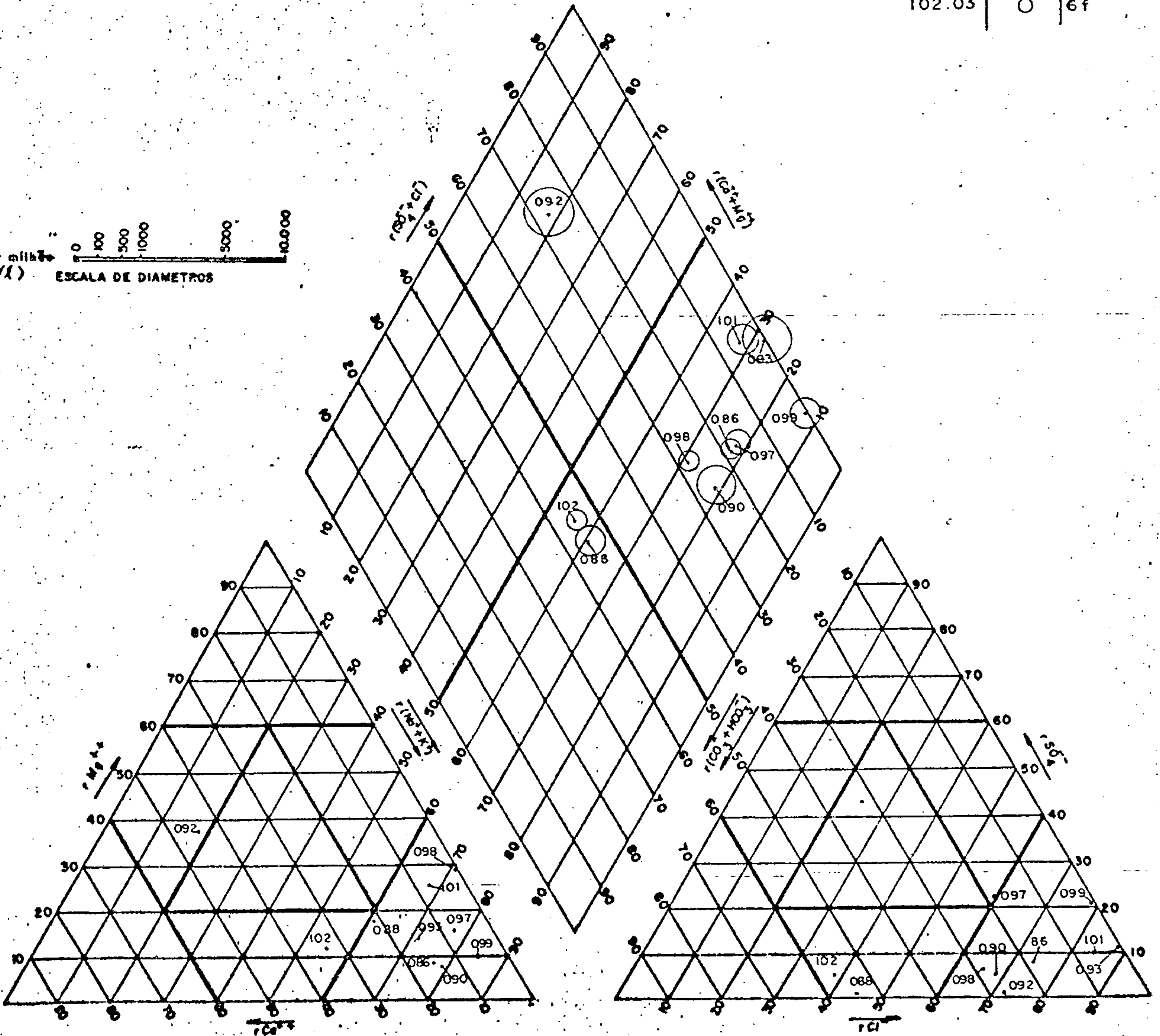
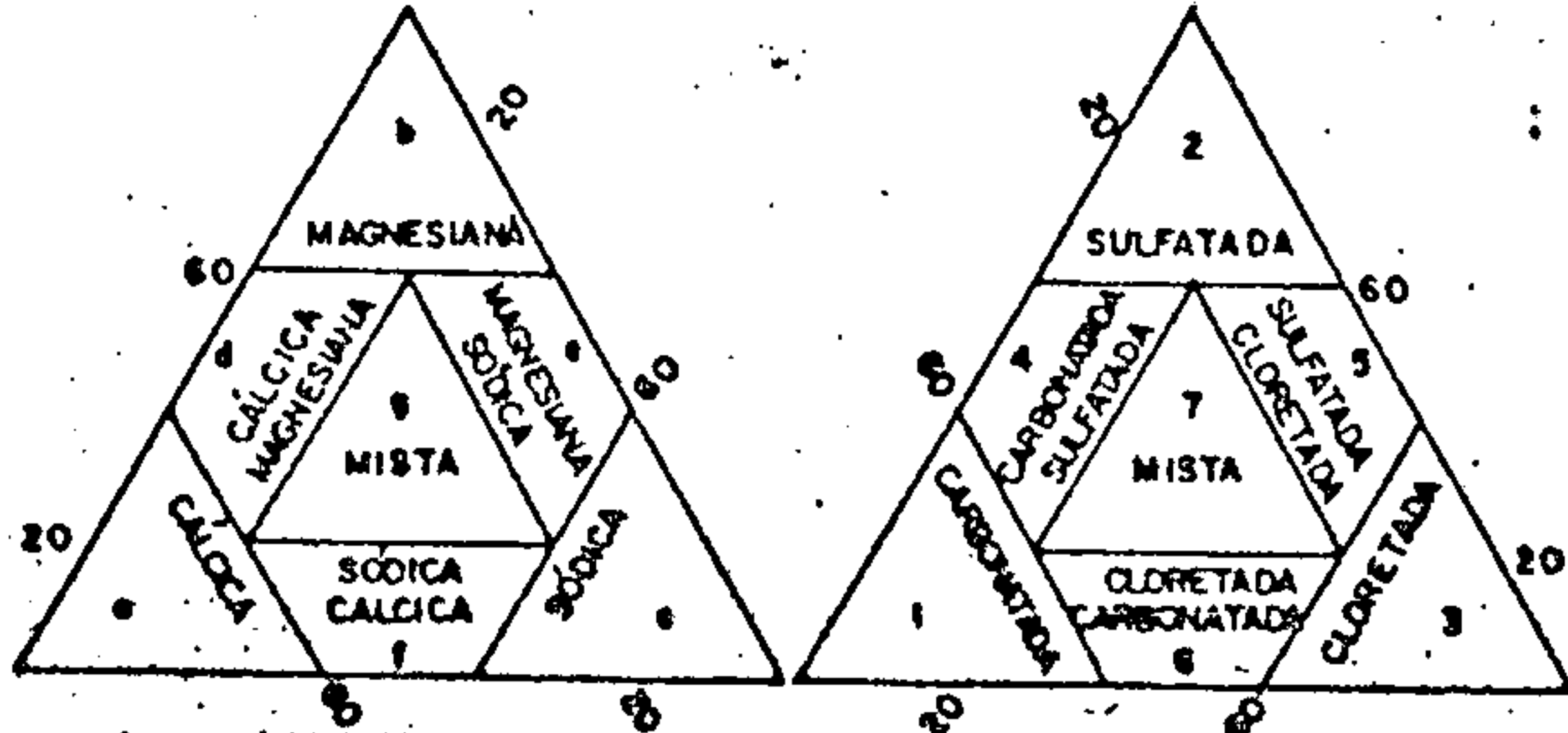
CPRM
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL
RECIFE

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FÁCIES HIDROQUÍMICAS
DIAGRAMA DE PIPER-HILL-LANGELIER

FOLHA - 03

AMOST.	SIMB.	FÁCIES
086.03	○	3c
088.03	○	6c
090.03	○	3c
092.03	○	3o
093.03	○	3c
097.03	○	5c
098.03	○	3c
099.03	○	3c
101.03	○	3c
102.03	○	6f



Miliequivalentes em Porcentagem

Fig. 4.3.11



CPRM

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL
RECIFE

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FÁCIES HIDROQUÍMICAS
DIAGRAMA DE PIPER-HILL-LANGELIER

FOLHA 03

AMOST.	SIMB.	FÁCIES
106.03	○	6a
110.03	○	6a
111.03	○	3c
113.03	○	6f
115.03	○	3c
119.03	○	3c
121.03	○	3c
124.03	○	3g
127.03	○	3g
130.03	○	7g

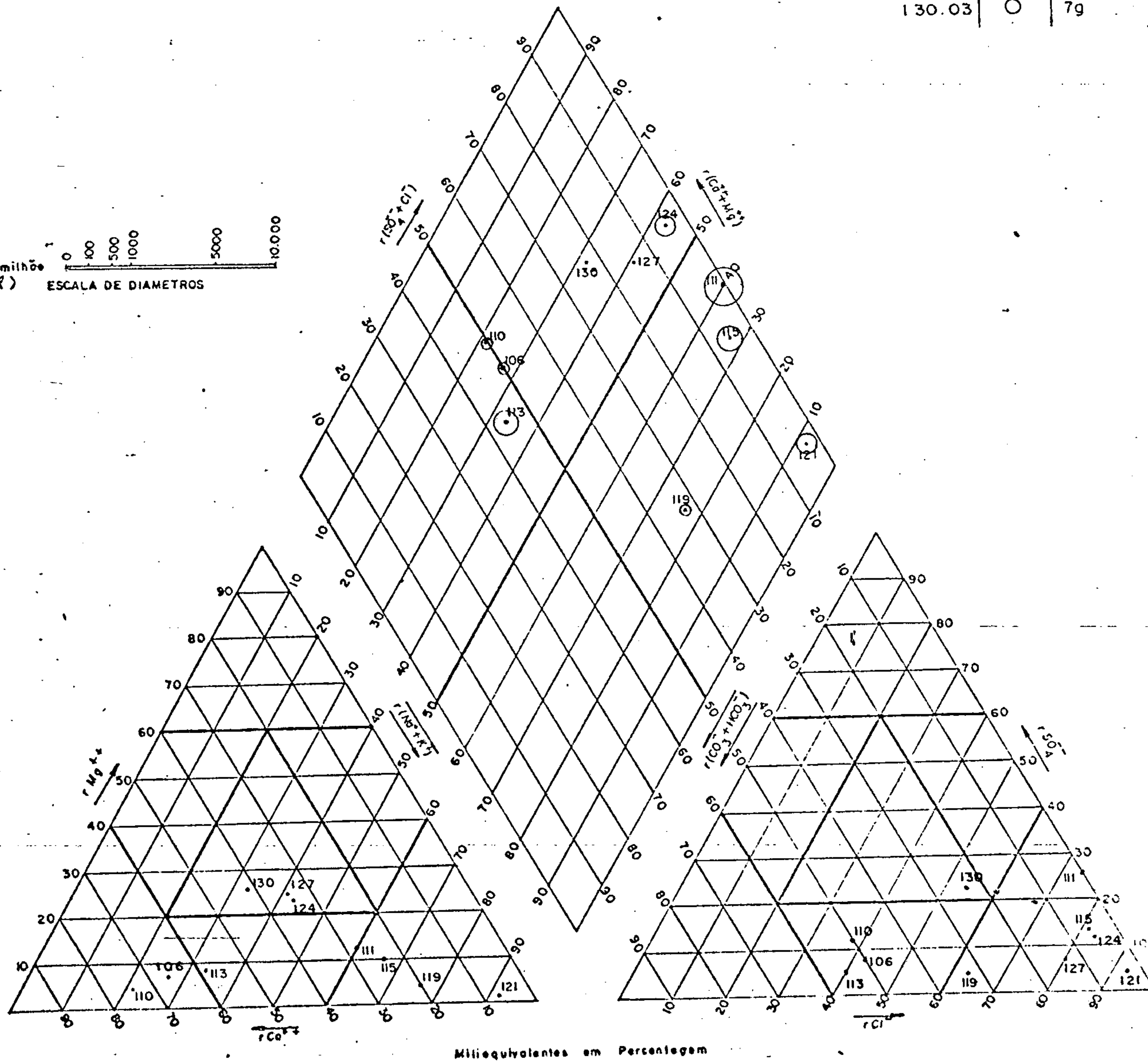
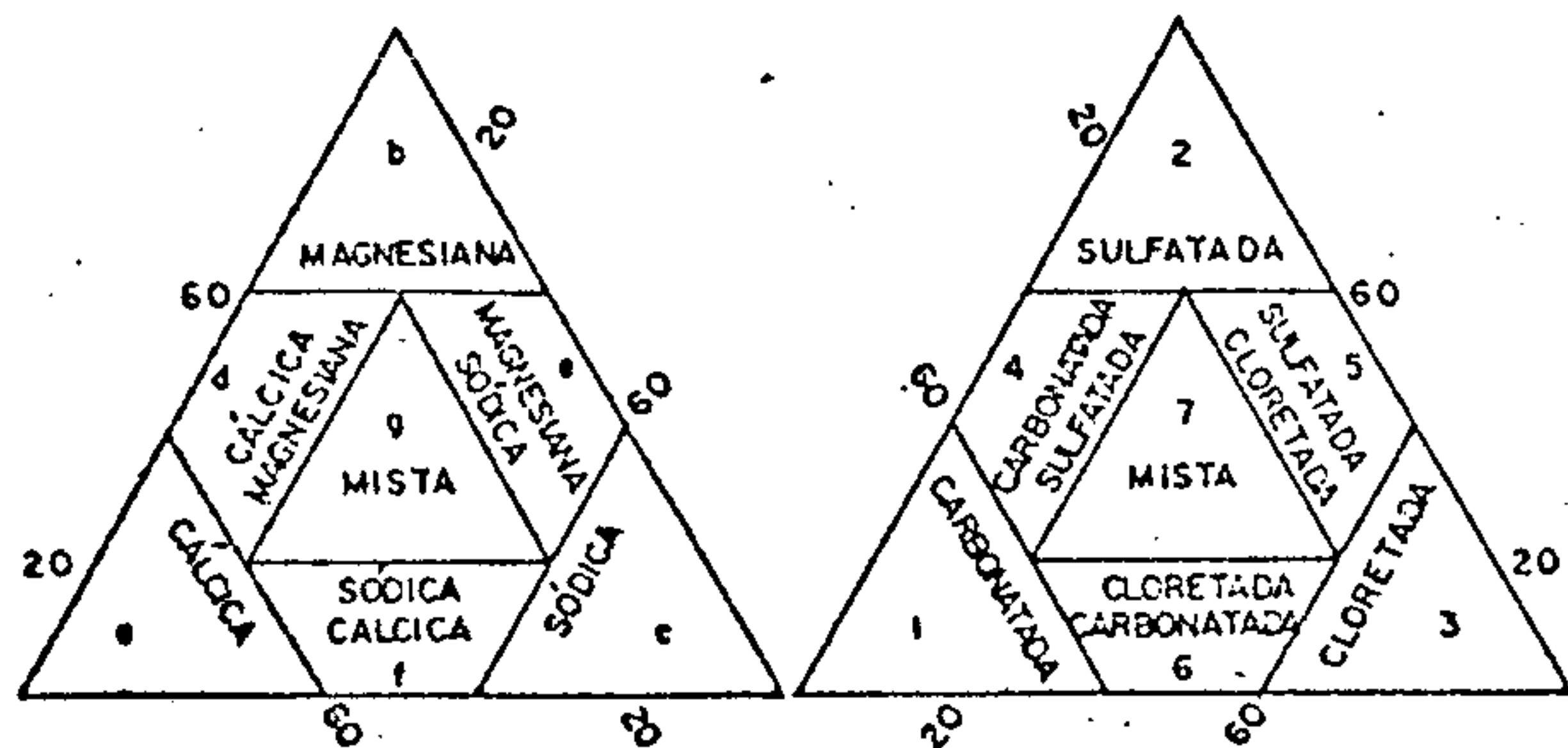


Fig. 4.3.12



CPRM

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL
RECIFE

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FÁCIES HIDROQUÍMICAS
DIAGRAMA DE PIPER-HILL-LANGELIER

FOLHA 03

AMOST.	SIM B.	FÁCIES
131.03	○	3f
135.03	○	6a
139.03	○	3c
140.03	○	3f
141.03	○	3c
142.03	○	3c
143.03	○	1a
144.03	○	5c
145.03	○	3f
150.03	○	3c

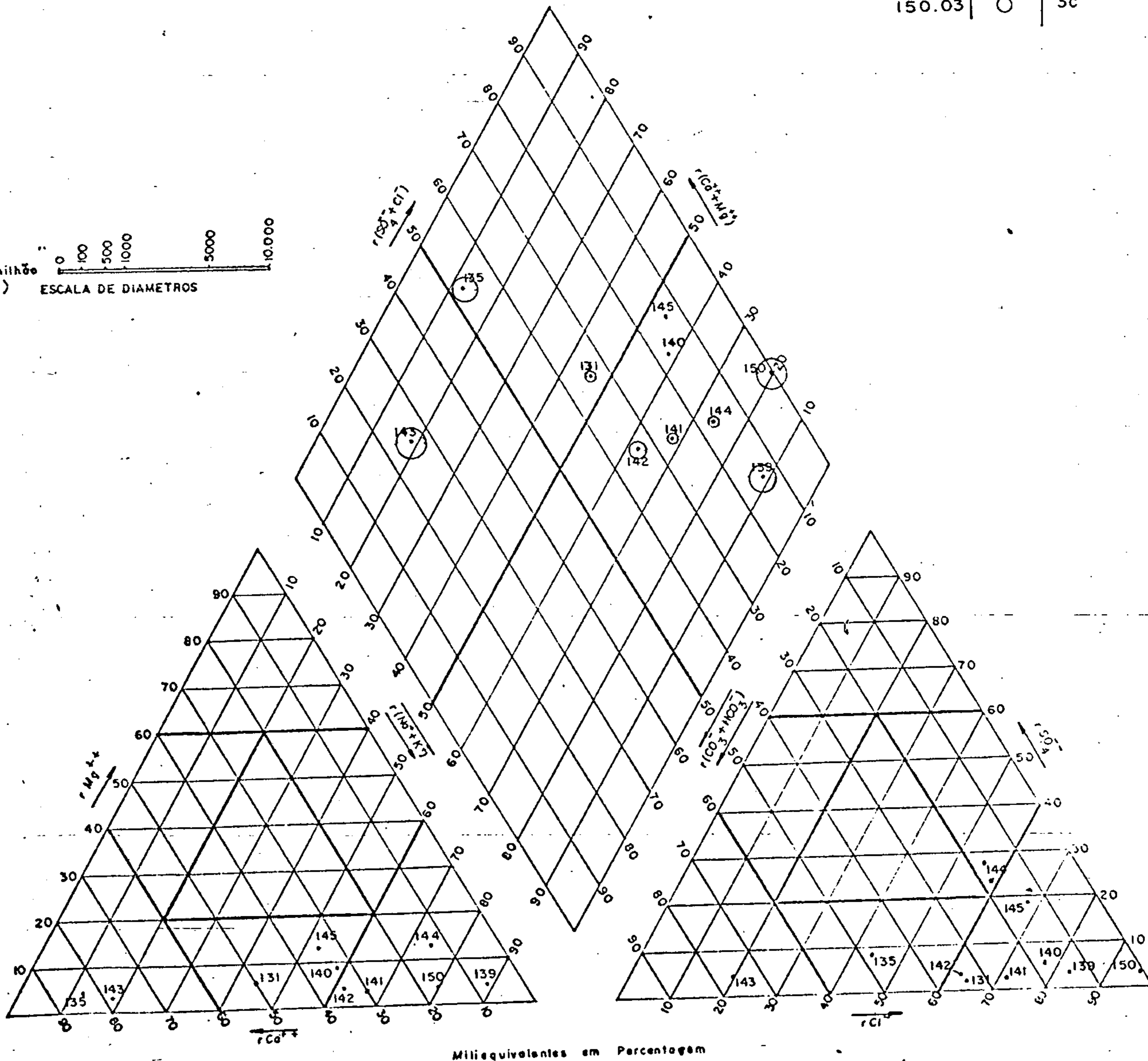
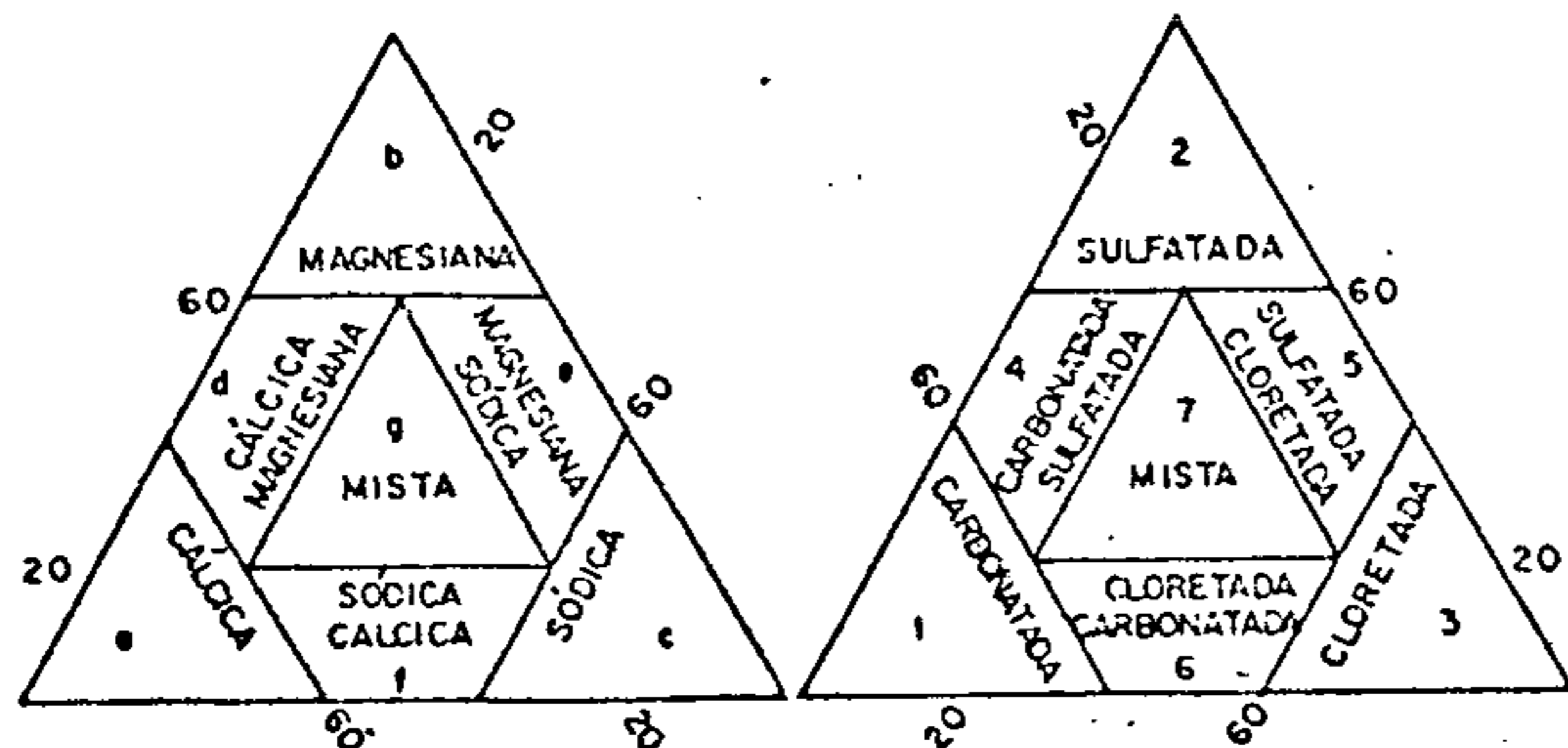


Fig. 4. 3.13.



CPRM
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL
RECIFE

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FÁCIES HIDROQUÍMICAS
DIAGRAMA DE PIPER-HILL-LANGELIER

FOLHA 03

AMOST.	SIMB.	FÁCIES
151.03	○	6a
153.03	○	6f
155.03	○	6f
160.03	○	7c
162.03	○	6f
174.03	○	3c
180.03	○	6f
193.03	○	6f
194.03	○	5c

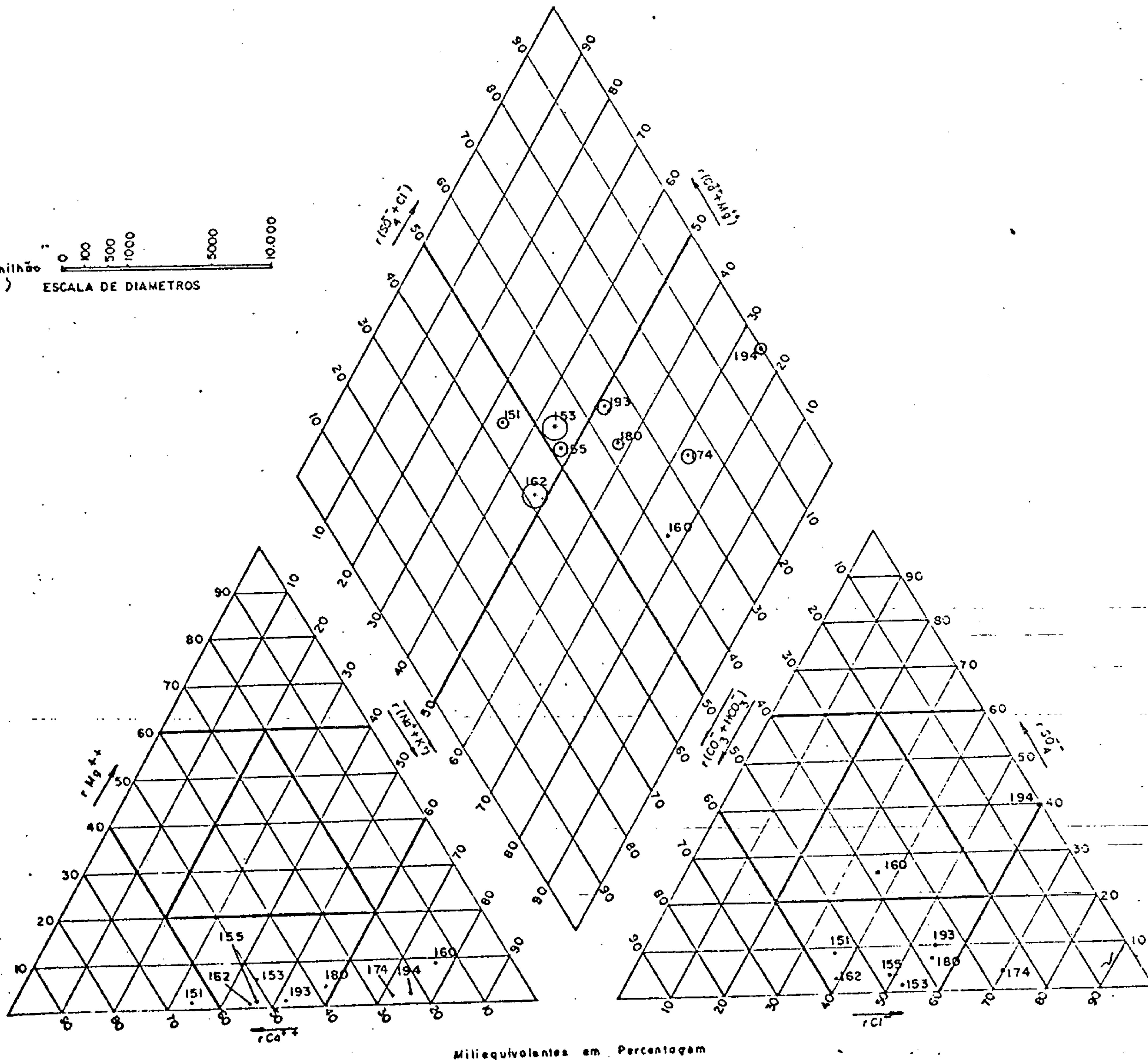
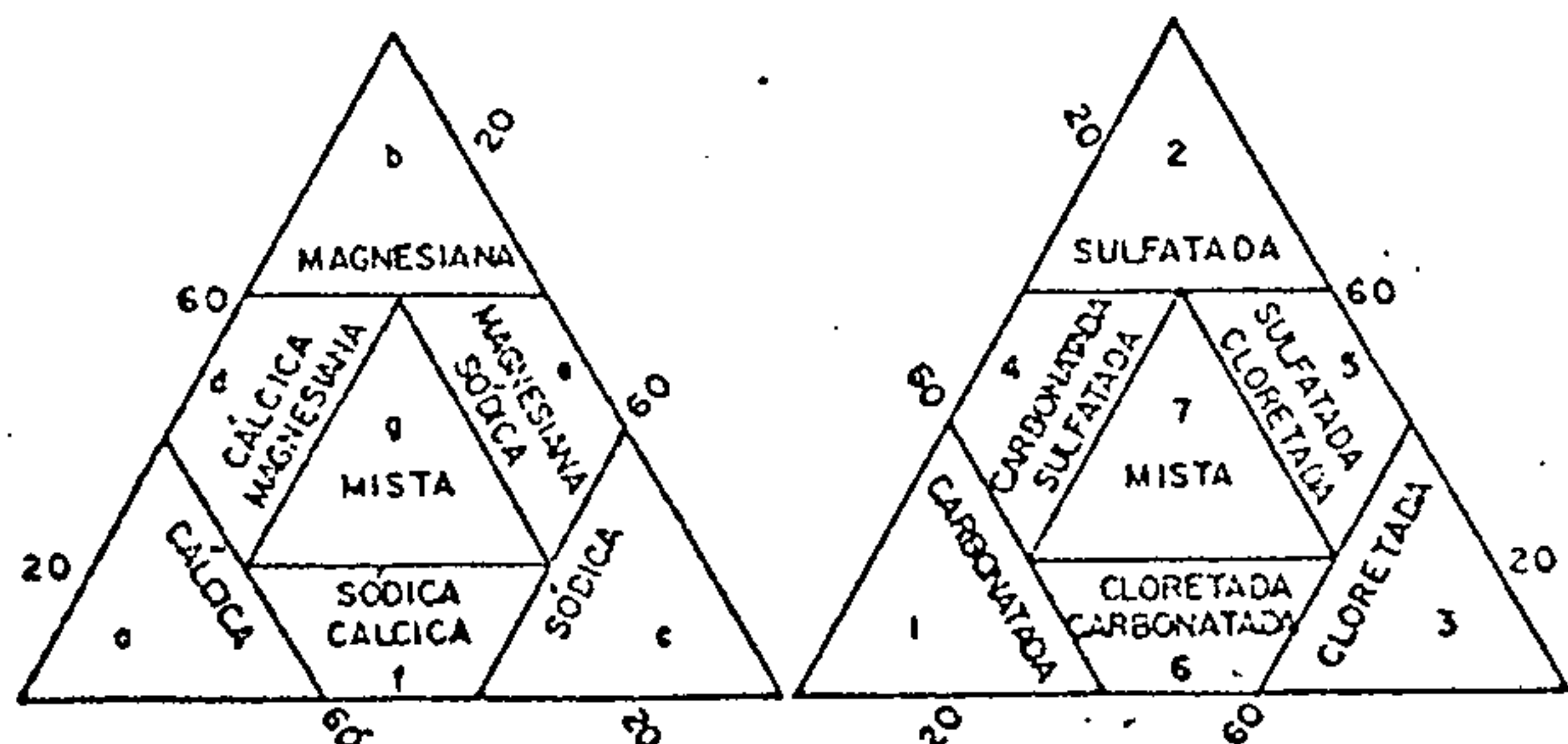


Fig. 4.3.14



CPRM

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL
RECIFE

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA

SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FÁCIES HIDROQUÍMICAS
DIAGRAMA DE PIPER-HILL-LANGELIER

FOLHA 03

AMOST.	SIM	FÁCIES
046.03	♂	7c
052.03	♂	6c
173.03	♂	3c

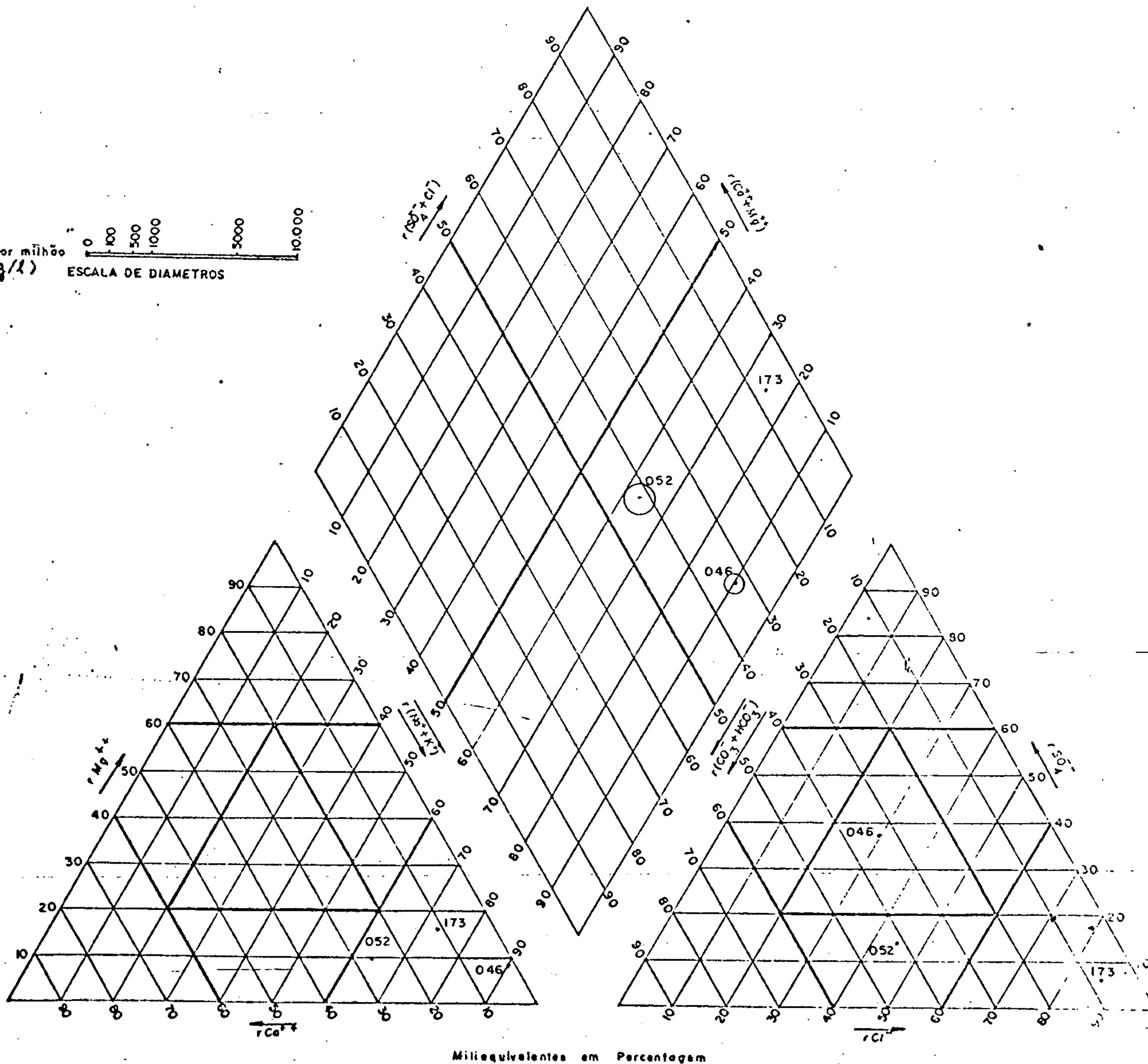
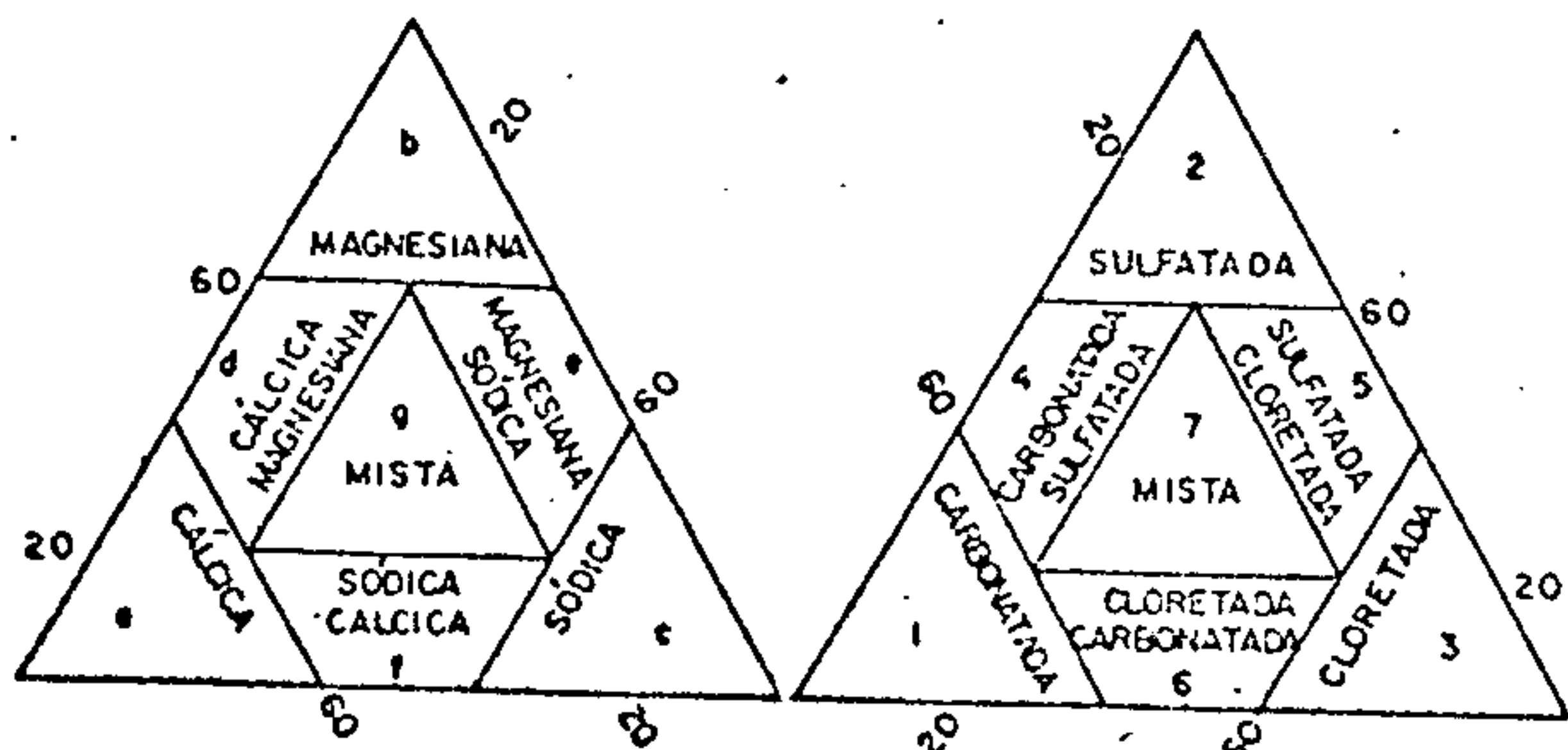


Fig. 4.3.15

QUADRO 4.3.16

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DE FÂCIAS QUÍMICAS

FÂCIAS QUÍMICAS	Nº AMOSTRAS	FREQUÊNCIA RELATIVA (%)
1 - Águas Cloretadas $rCl^- > 60\%$	41	47,67
1a - Cloretadas sódicas $r(Na^+ + K^+) > 60\%$	31	36,05
1b - Cloretadas mistas $20\% < r(Na^+ + K^+) < 60\%$ $20\% < rCa^{++} < 60\%$ $20\% < rMg^{++} < 60\%$	5	5,81
1c - Cloretadas sódica-cálcica $20\% < r(Na^+ + K^+) < 60\%$ $20\% < rCa^{++} < 60\%$ $20\% > rMg^{++}$	4	4,65
1d - Cloretadas cálcica-magnesianiana $20\% < rCa^{++} < 60\%$ $20\% < rMg^{++} < 60\%$ $20\% > r(Na^+ + K^+)$	1	1,16
2 - Águas Cloretadas-Carbonatadas $20\% < rCl^- < 60\%$ $20\% < r(CO_3^{--} + HCO_3^-) < 60\%$ $20\% > rSO_4^{--}$	19	22,09

FÁCIES QUÍMICAS	Nº AMOSTRAS	FREQUÊNCIA RELATIVA (%)
3d - Carbonatada sódica-cálcica $20\% < r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) < 60\%$ $20\% < r\text{Ca}^{++} < 60\%$ $20\% > r\text{Mg}^{++}$	2	2,33
4 - Águas Mistas $20\% < r(\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^-) < 60\%$ $20\% < r\text{Cl}^- < 60\%$ $20\% < r\text{SO}_4^{--} < 60\%$	7	8,14
4a - Mista sódica $r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > 60\%$ 4b - Mista mista $20\% < r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) < 60\%$ $20\% < r\text{Ca}^{++} < 60\%$ $20\% < r\text{Mg}^{++} < 60\%$	6 1	5,98 1,16
5 - Águas Sulfatadas Cloretadas $20\% < r\text{SO}_4^{--} < 60\%$ $20\% < r\text{Cl}^- < 60\%$ $20\% > r(\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^-)$	7	8,14
5a - Sulfatada cloretada sódica $r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > 60\%$ 5b - Sulfatada cloretada cálcica $r\text{Ca}^{++} > 60\%$	6 1	5,98 1,16
TOTAL	86	100,00

FÁCIAS QUÍMICAS	Nº AMOSTRAS	FREQUÊNCIA RELATIVA (%)
2a - Cloretadas carbonatadas sódicas $r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > 60\%$	5	5,81
2b - Cloretadas carbonatadas sódica-cálcica $20\% < r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) < 60\%$ $20\% < r\text{Ca}^{++} < 60\%$ $20\% > r\text{Mg}^{++}$	8	9,30
2c - Cloretadas carbonatada cálcica $r\text{Ca}^{++} > 60\%$	4	4,65
2d - Cloretadas carbonatada mista $20\% < r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) < 60\%$ $20\% < r\text{Ca}^{++} < 60\%$ $20\% < r\text{Mg}^{++} < 60\%$	2	2,33
3 - Águas Carbonatadas $r(\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^-) > 60\%$	12	13,95
3a - Carbonatada mista $20\% < r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) < 60\%$ $20\% < r\text{Ca}^{++} < 60\%$ $20\% < r\text{Mg}^{++} < 60\%$	4	4,65
3b - Carbonatada cálcica $r\text{Ca}^{++} > 60\%$	3	3,49
3c - Carbonatada sódica $r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > 60\%$	3	3,49

QUADRO 4.3.1.1
ÁGUAS CLORETADAS

MANANCIAL	H P			RESÍDUO SECO			DUREZA		
	Mi- ni- mo	Má- xi- mo	Mé- dio	(mg/l)			°F		
Poço Tubular (3)	6,4	7,6	7,10	19,0	82,0	42,66	0,3	3,9	1,83
Poço Manual (38)	3,4	7,7	6,10	15,0	1363,0	248,97	0,4	27,3	5,4
Fonte (1)	4,5	4,5	4,5	28,0	28,0	28,0	0,5	0,5	0,5
MÉDIAS	-	-	6,13	-	-	228,97	-	-	4,86

O pH médio da classe de água predominante é de 6,13 ou seja levemente ácida. No caso de poço tubular observa-se que a média é levemente alcalina.

A dureza 4,86 é considerada como "muito mole" pela classificação de Olszewski, observando-se que no caso de fontes e poços tubulares a dureza é bem menor.

4.3.2 - Águas Cloretadas Carbonatadas

Esta classe de águas, segunda em frequência na área em estudo (Quadro 4.3.2.1) apresenta um pH médio de 7,35 ou seja ligeiramente alcalino, não importando qual o tipo de manancial.

QUADRO 4.3.2.1

ÁGUAS CLORETADAS-CARBONATADAS

MANANCIAL	pH			RESÍDUO SECO (mg/l)			DUREZA °F		
	Míni- mo	Máxi- mo	Mé- dio						
Poço Tu- bular (2)	7,45	7,50	7,48	243,0	283,0	263,0	12,1	14,6	13,35
Poço Ma- nual (15)	6,80	8,30	7,33	6,79	144,0	72,72	0,6	8,5	3,51
Fontes (1)	7,45	7,45	7,45	152,0	152,0	152,0	4,0	4,0	4,0
MÉDIAS..	-	-	7,35	-	-	98,27	-	-	4,63

O resíduo seco é muito baixo (98,27 mg/l) sendo ainda mais baixo o valor médio de manancial tipo poço manual ou cacimba.

Quanto à dureza média são classificadas como "muito mole", embora no caso dos poços tubulares as águas sejam "algo dura".

4.3.3 - Águas Carbonatadas

Estas águas são definidas como as que apresentam os radicais iônicos (HCO_3^- + CO_3^{--}) acima de 60%.

As características analisadas para esta classe de água mostram os seguintes resultados:

QUADRO 4.3.3.1
ÁGUAS CARBONATADAS

MANANCIAL	pH			RESÍDUO SECO (mg/l)			DUREZA °F		
	Mín.	Máx.	Médio						
Poço Tubular(6)	6,6	8,35	7,85	33	402	238,83	1,1	22,8	9,38
Poço Manual (6)	7,3	8,3	7,88	141	330	227,0	4,9	17,9	12,17
MÉDIAS..	-	-	7,86	-	-	232,91	-	-	10,77

O pH médio para esta classe de água é de 7,86 ou seja ligeiramente alcalina (Quadro 4.3.3.1).

O resíduo seco médio é de aproximadamente 233 miligramas por litro indicando salinidade relativamente aceitável.

A dureza média é de 10,77 graus franceses ou seja "mole", sendo mais baixa para os poços tubulares.

Esta classe de água apresentou resultados de pH, dureza e resíduo seco semelhantes em relação ao tipo de manancial.

4.3.4 - Águas Mistas

Esta classe de água é a que é caracterizada pelo equilíbrio de conteúdo iônico, possuindo valores percentuais próximos (Quadro 4.3.4.1).

QUADRO 4.3.4.1

ÁGUAS MISTAS

MANANCIAL	pH			RESÍDUO SECO (mg/l)			DUREZA °F		
	Mín.	Máx.	Médio						
Poço Manual (6)	5,9	6,9	6,2	14	148	65,17	1,0	8,8	3,27
Fonte (1)	6,9	6,9	6,9	75	75	75	0,6	0,6	0,6
MÉDIAS.....	-	-	6,3	-	-	66,57	-	-	2,89

O pH médio é de 6,3 ou seja ligeiramente á cido.

O resíduo seco médio é de 66,57 miligramas por litro, indicando salinização baixa.

Quanto à dureza são consideradas "muito moles", sendo seu valor médio 2,89 graus franceses.

4.3.5 - Águas Sulfatadas-Cloretadas

Esta classe de água é aquela que apresenta os radicais rSO_4^- e rCl^- com percentuais entre vinte a sessenta por cento, ficando o radical carbonatado abaixo de vinte por cento.

O único tipo de manancial onde ocorreu esta classe de água foi poço manual, apresentando os seguintes

valores médios:

pH: valor médio 5,74
mínimo 3,9
máximo 6,9

Resíduo Seco:

valor médio 122,57 mg/l
mínimo 25,00 mg/l
máximo 432,00 mg/l

Dureza:

valor médio 0,90 °F
mínimo 0,20 °F
máximo 1,62 °F

Esta classe de água mostra, conseqüentemente, um pH relativamente ácido, resíduo seco razoável, a exceção de uma das amostras que atingiu o teor de 432, miligramas por litro e, quanto à dureza, são águas "muito moles".

4.4 - QUALIDADES DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

Utilizou-se o método americano adotado pelo "United States Salinity Laboratory".

Tal método consta da plotação em um gráfico semi-logarítmico (Quadro 4.4.1 e 4.4.2), sendo a condutivi



QUADRO : 4. 4. 1

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA FINS DE IRRIGAÇÃO

FORMAÇÃO	AMOSTRA	CE	SAR	CLASSE	FORMAÇÃO	AMOSTRA	CE	SAR	CLASSE
Itapecuru	001	514,10	5,39	C ₂ -S ₁	Itapecuru	090	526,50	5,64	C ₂ -S ₁
II	004	1.450,00	4,16	C ₃ -S ₁	II	092	694,00	0,55	C ₂ -S ₁
II	006	283,80	3,26	C ₁ -S ₁	II	093	705,00	3,66	C ₂ -S ₁
II	007	55,69	1,17	C ₀ -S ₁	II	097	91,53	1,80	C ₀ -S ₁
II	008	115,80	0,74	C ₁ -S ₁	II	098	51,00	0,91	C ₀ -S ₁
II	010	74,04	1,10	C ₀ -S ₁	II	099	200,00	3,29	C ₁ -S ₁
II	012	119,00	1,63	C ₁ -S ₁	II	101	160,00	1,41	C ₁ -S ₁
II	013	61,00	1,43	C ₀ -S ₁	II	102	92,30	0,96	C ₀ -S ₁
II	015	338,60	2,27	C ₂ -S ₁	II	106	75,23	0,29	C ₀ -S ₁
II	018	98,71	1,73	C ₀ -S ₁	II	110	51,03	0,10	C ₀ -S ₁
II	020	32,00	0,80	C ₀ -S ₁	II	111	360,70	1,89	C ₂ -S ₁
II	021	226,80	2,13	C ₂ -S ₁	II	112	115,02	0,70	C ₁ -S ₁
II	023	445,00	2,74	C ₂ -S ₁	II	113	187,92	0,65	C ₁ -S ₁
II	027	300,00	1,00	C ₂ -S ₁	II	115	121,50	1,23	C ₁ -S ₁
II	030	753,00	6,02	C ₃ -S ₂	II	119	70,06	2,18	C ₀ -S ₁
II	031	66,42	1,08	C ₀ -S ₁	II	121	159,57	6,68	C ₁ -S ₁
II	017	382,25	0,61	C ₂ -S ₁	II	124	123,12	0,58	C ₁ -S ₁
II	033	110,00	1,56	C ₁ -S ₁	II	127	19,44	0,28	C ₀ -S ₁
II	040	42,50	1,10	C ₀ -S ₁	II	128	48,60	0,75	C ₀ -S ₁
II	046	102,35	4,45	C ₁ -S ₁	II	130	29,76	0,28	C ₀ -S ₁
II	047	243,00	5,50	C ₁ -S ₁	II	131	36,85	0,51	C ₀ -S ₁
II	048	695,79	4,72	C ₂ -S ₁	II	135	144,18	0,20	C ₁ -S ₁
II	049	58,30	0,87	C ₀ -S ₁	II	137	37,66	0,11	C ₀ -S ₁
II	050	458,80	0,40	C ₂ -S ₁	II	139	202,50	6,27	C ₁ -S ₁
II	051	128,00	1,11	C ₁ -S ₁	II	140	44,55	0,79	C ₀ -S ₁
II	052	229,92	2,20	C ₁ -S ₁	II	141	58,32	1,18	C ₀ -S ₁
II	053	45,00	0,98	C ₀ -S ₁	II	142	48,60	0,97	C ₀ -S ₁
II	054	98,00	2,14	C ₀ -S ₁	II	143	202,50	1,20	C ₁ -S ₁
II	055	108,58	1,95	C ₁ -S ₁	II	144	21,54	0,64	C ₀ -S ₁
II	056	241,38	7,21	C ₁ -S ₁	II	145	17,33	0,45	C ₀ -S ₁
II	057	81,00	0,88	C ₀ -S ₁	II	150	287,55	4,73	C ₂ -S ₁
II	066	405,00	2,49	C ₂ -S ₁	II	151	46,17	0,86	C ₀ -S ₁
II	067	340,20	1,36	C ₂ -S ₁	II	153	148,23	0,94	C ₁ -S ₁
II	069	421,20	1,27	C ₂ -S ₁	II	155	74,93	0,83	C ₀ -S ₁
II	070	291,60	0,97	C ₂ -S ₁	II	160	20,90	1,25	C ₀ -S ₁
II	071	184,68	1,61	C ₁ -S ₁	II	162	123,12	0,91	C ₁ -S ₁
II	073	394,00	3,16	C ₂ -S ₁	II	174	97,00	1,74	C ₀ -S ₁
II	074	128,00	1,24	C ₁ -S ₁	II	173	41,31	5,72	C ₀ -S ₁
II	075	737,00	1,78	C ₂ -S ₁	II	180	52,65	0,97	C ₀ -S ₁
II	082	344,00	0,45	C ₂ -S ₁	II	193	82,62	0,86	C ₀ -S ₁
II	084	162,00	2,45	C ₁ -S ₁	II	194	76,95	1,50	C ₀ -S ₁
II	086	82,60	1,77	C ₀ -S ₁	II	197	364,50	0,06	C ₂ -S ₁
II	088	199,00	1,86	C ₁ -S ₁	II	198	56,70	0,66	C ₀ -S ₁

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

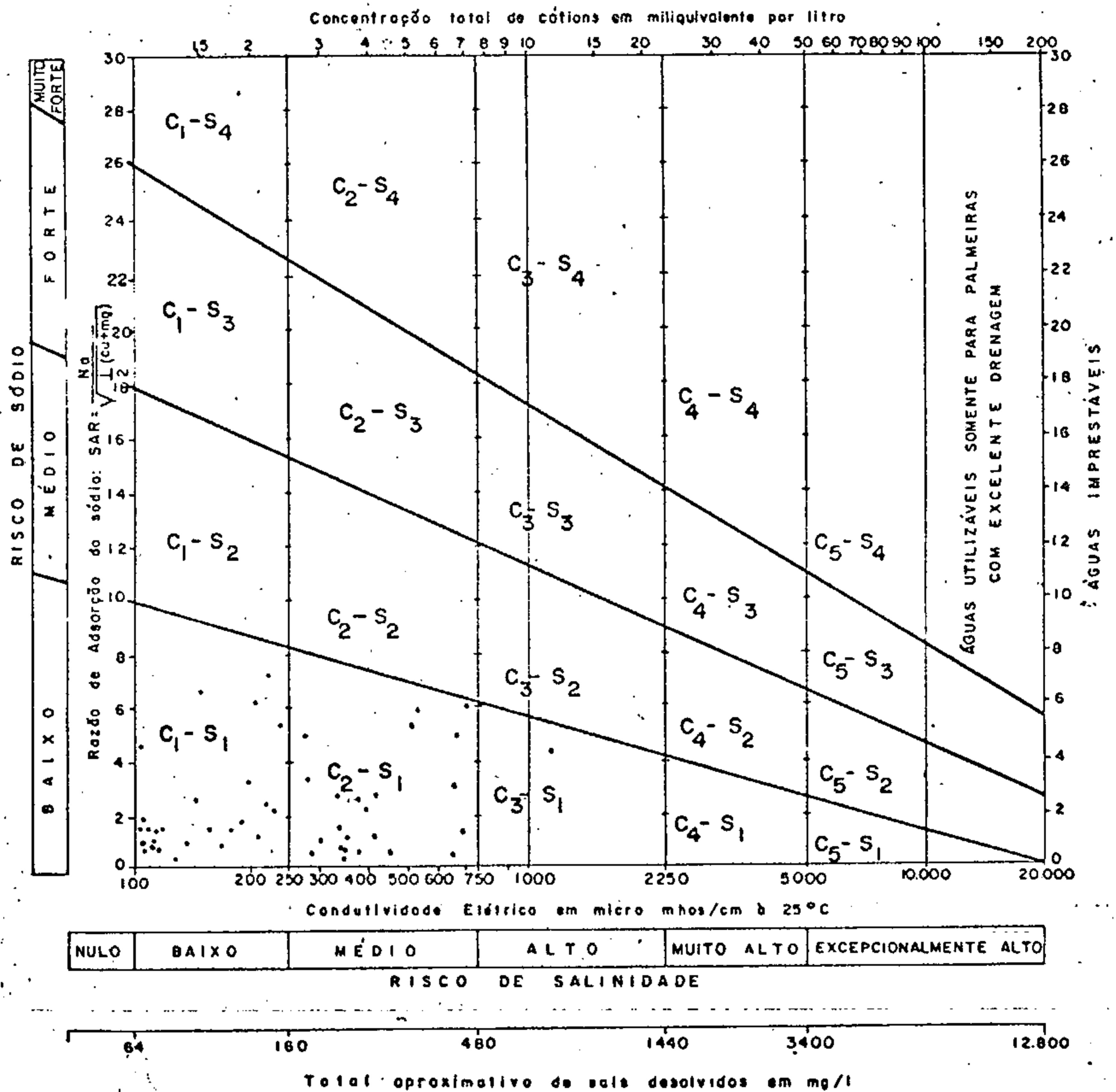


Fig. 4.4.2

dade elétrica locada nas abcissas e as razões de adsorção sódica (RAS) em ordenadas, sendo esta última calculada conforme a fórmula

$$RAS = \frac{rNa}{\sqrt{\frac{rCa + rMg}{2}}}$$

onde os teores iônicos de sódio, cálcio e magnésio, são expressos em miliequivalente por litro (meq/l).

O Quadro 4.4.3 mostra a distribuição de frequência dos tipos de água para irrigação.

QUADRO 4.4.3
DISTRIBUIÇÃO DOS TIPOS DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

TIPOS DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO	Nº DE AMOSTRAS	FREQUÊNCIAS (%)	
		RELATIVA	ACUMULADA
C ^o - S ₁	37	43,03	43,03
C ₁ - S ₁	26	30,23	73,25
C ₂ - S ₁	21	24,42	97,68
C ₃ - S ₁	1	1,16	98,84
C ₃ - S ₂	1	1,16	100,00
TOTAL	86	100,00	100,00

Conforme demonstrado no Quadro 4.4.3 observa-se que os tipos de água que ocorrem na região, apresentam risco de salinização de baixo a médio para quase todas as amostras analisadas, indicando adequabilidade de uso para diversos tipos de cultura e solo.

Predomina, as águas dos tipos $C_0 - S_1$ e $C_1 - S_1$, ou sejam águas de risco quase nulo de salinização e fracamente sódica.

4.5 - POTABILIDADE

Para a determinação de potabilidade, ou qualidades das águas subterrâneas, são levadas em considerações, características físicas, químicas e bacteriológicas; estas últimas não foram consideradas neste trabalho.

Utilizou-se o diagrama de Schoeller - Berkloff para a determinação de potabilidade das águas. Neste diagrama são plotados os teores, em miligramas por litro, dos principais constituintes iônicos (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{--} e HCO_3^-) além de pH, e da dureza (em graus franceses). Estes teores são colocados em escalas individuais para cada um dos constituintes, obtendo-se a partir dos pontos plotados, as retas representativas da composição química de cada amostra analisada (Fig. 4.5.1/21).

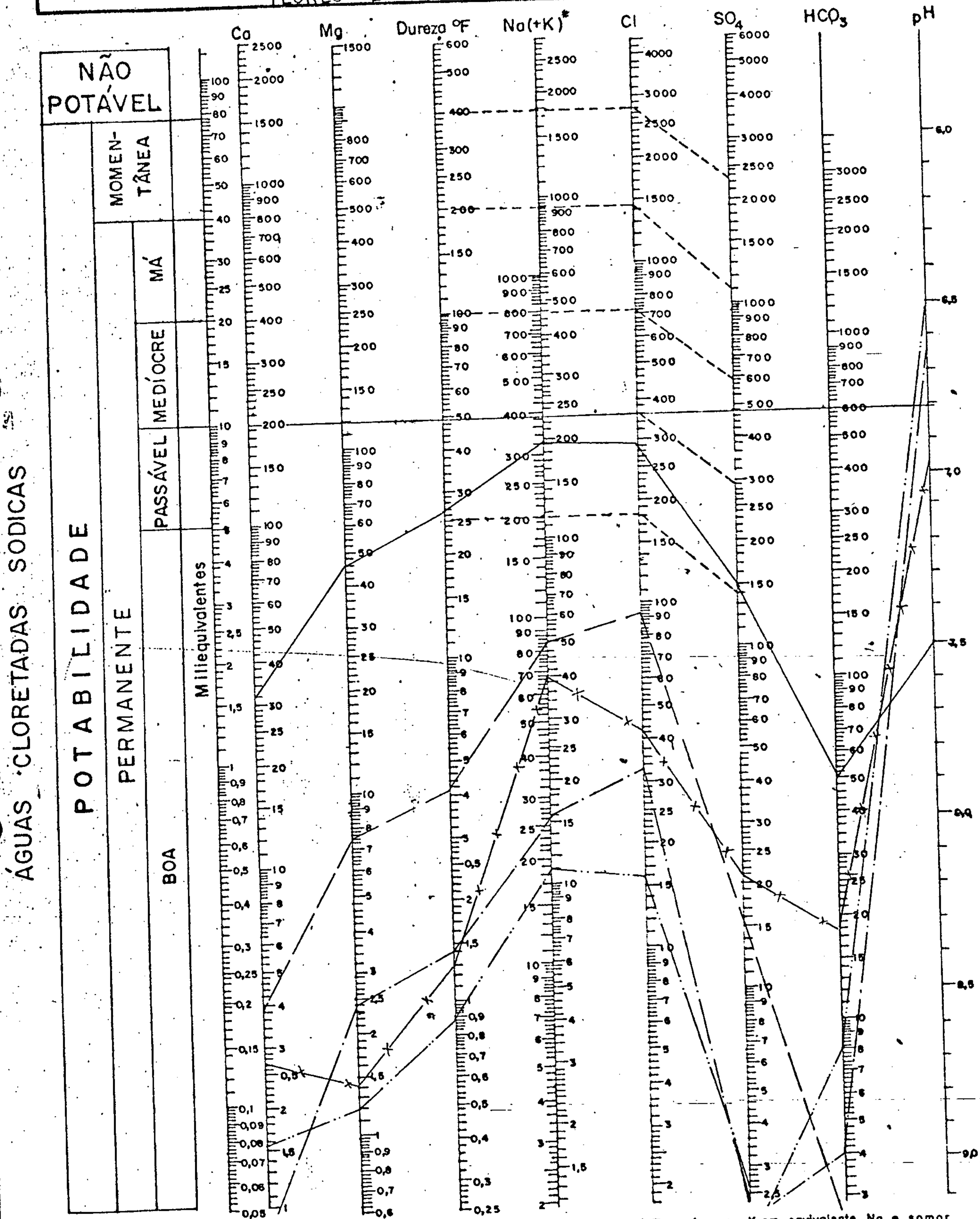
Observa-se o seguinte comportamento para as diversas classes de água agrupadas para definição de potabilidade:

As águas cloretadas apresentam potabilidade "boa", com apenas poucas amostras apresentando-se nas colu

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
 PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
 MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
 SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FOLHA -

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
 TEORES EM MILIGRAMAS POR LITROS



$Na(+K)$ Transformar K em equivalente Na e somar.

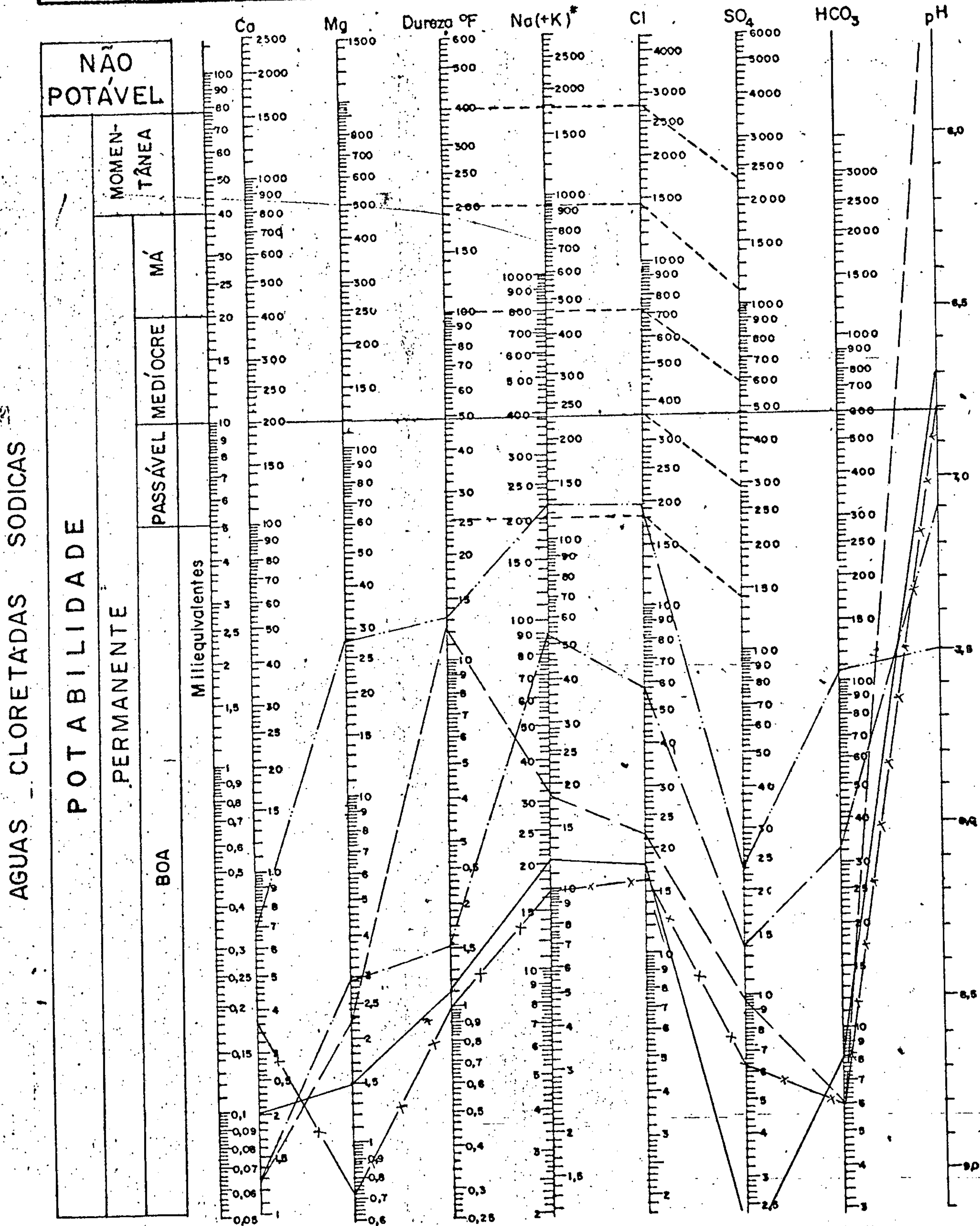
RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra
1.363,00	004 . 03	67,00	012 . 03	149,00	021 . 03 -X-X-
190,00	006 . 03	66,00	013 . 03		

Fig. 4.5.1

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
 PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
 MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
 SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FOLHA -

DIAGRAMA DE ANALISE D'AGUA
 TEORES EM MILIGRAMAS POR LITROS



AGUAS CLORETADAS SODICAS

POTABILIDADE

PERMANENTE

BOA

Na(+K) Transformar K em equivalente Na e somar.

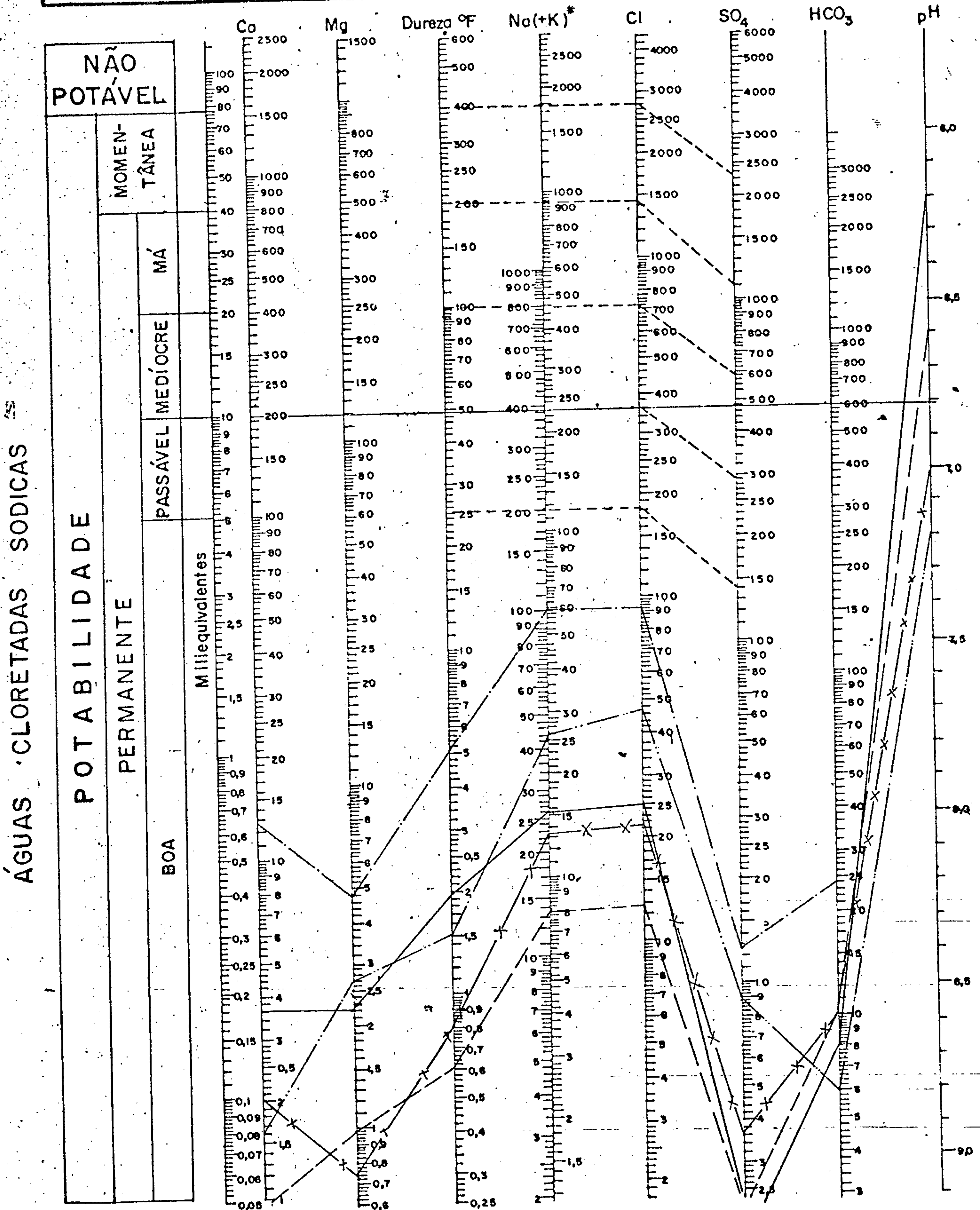
RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra
643,00	031.03	170,00	047.03	84,00	049.03-x-x-x
470,00	033.03	601,00	048.03		

Fig. 4.5.2

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
 PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
 MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
 SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FOLHA -

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
 TEORES EM MILIGRAMAS POR LITROS



RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra
114,00	051.03	419,00	073.03	78,00	086.03 - x - x -
51,00	053.03	654,00	084.03		

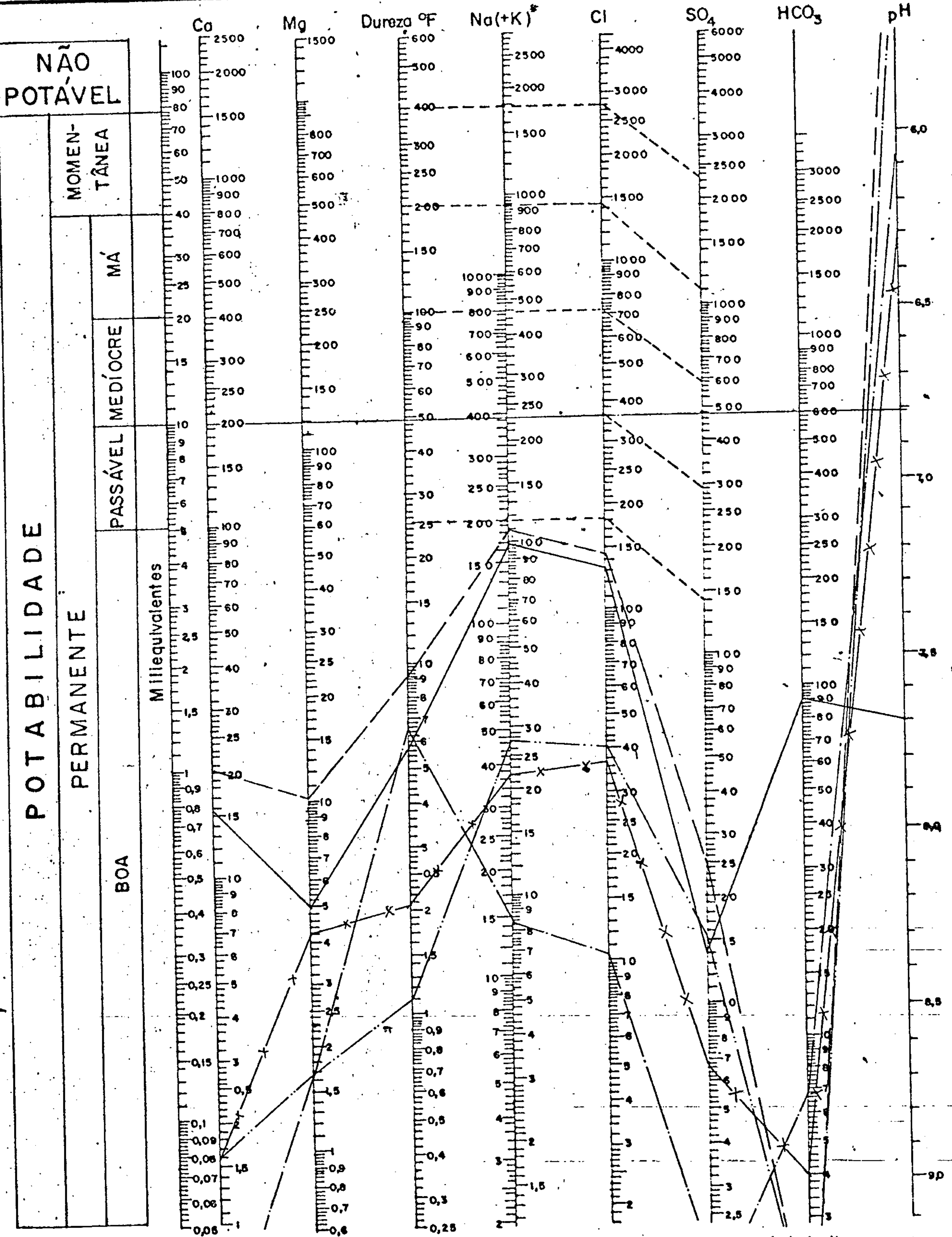
Fig. 4.5.3

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
 PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
 MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
 SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FOLHA -

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
 TEORES EM MILIGRAMAS POR LITROS

ÁGUAS CLORETADAS SÓDICAS



Na(+K) Transformar K em equivalente Na e somar.

RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra
365,00	090,03 ———	86,00	098,03 ———	173,00	101,03 —X——
511,00	093,03 ———	150,00	099,03 ———		

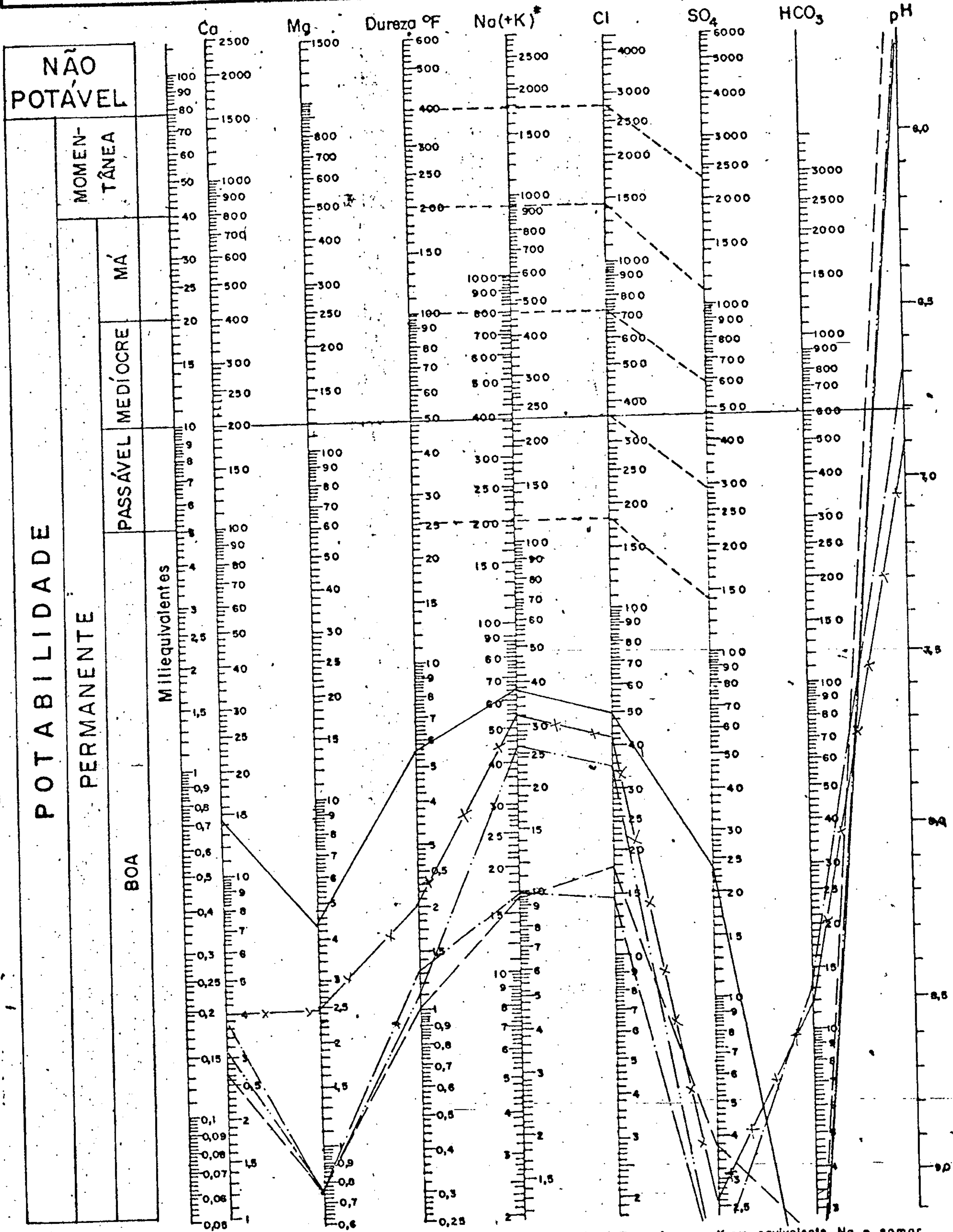
Fig. 4.5.4

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
 PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
 MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
 SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FOLHA -

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
 TEORES EM MILIGRAMAS POR LITROS

ÁGUAS CLORETADAS SÓDICA



Na(+K) Transformar K em equivalente Na e somar.

RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra
259,00	111.03	46,00	119.03	160,00	139.03 — X —
90,00	115.03	84,00	121.03		

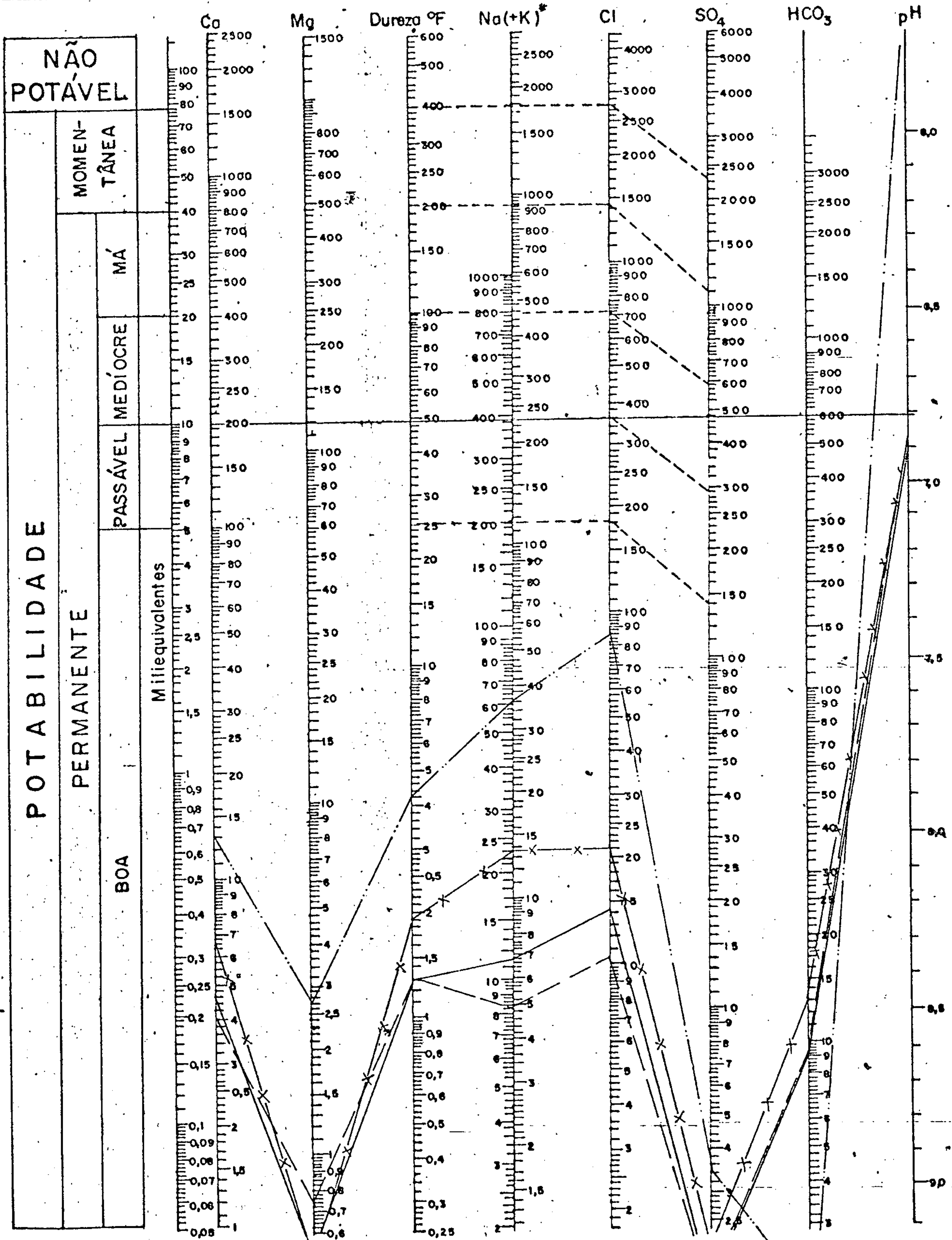
Fig. 4.5.5

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
 PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
 MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
 SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FOLHA -

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
 TEORES EM MILIGRAMAS POR LITROS

ÁGUAS CLORETADAS SÓDICA



Na(+K) Transformar K em equivalente Na e somar.

RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra
25,00	141.03	25,00	144.03	70,00	174.03 — X —
55,00	142.03	219,00	150.03		

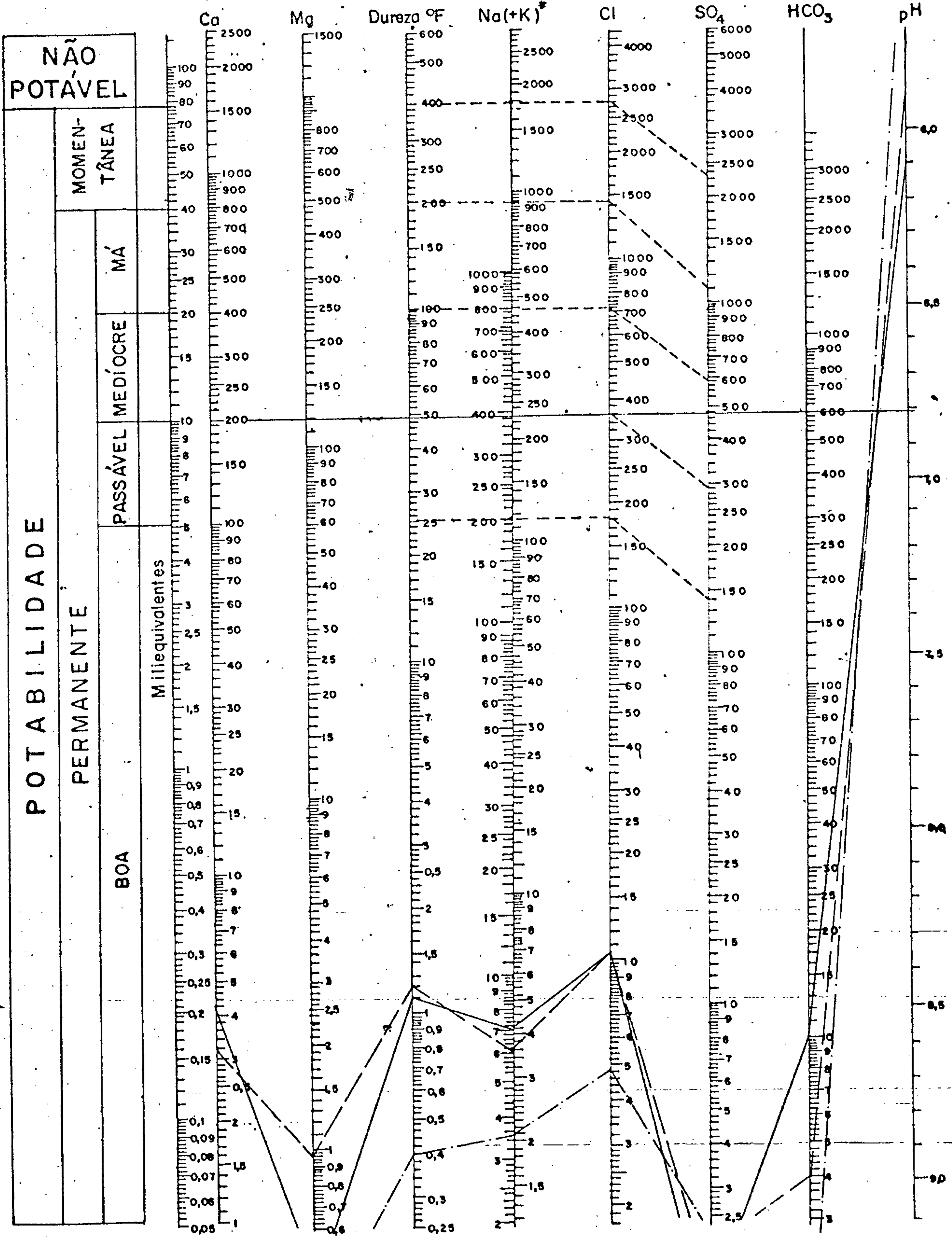
Fig. 4.5.6

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
 PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
 MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
 SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FOLHA -

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
 TEORES EM MILIGRAMAS POR LITROS

AGUAS CLORETADAS SÓDICAS CALCÍCAS



RS mg/l	Nº da Amostra
35,00	131.03
21,00	140.03

RS mg/l	Nº da Amostra
20,00	145.03

RS mg/l	Nº da Amostra

Fig. 4.5.7

CÔMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

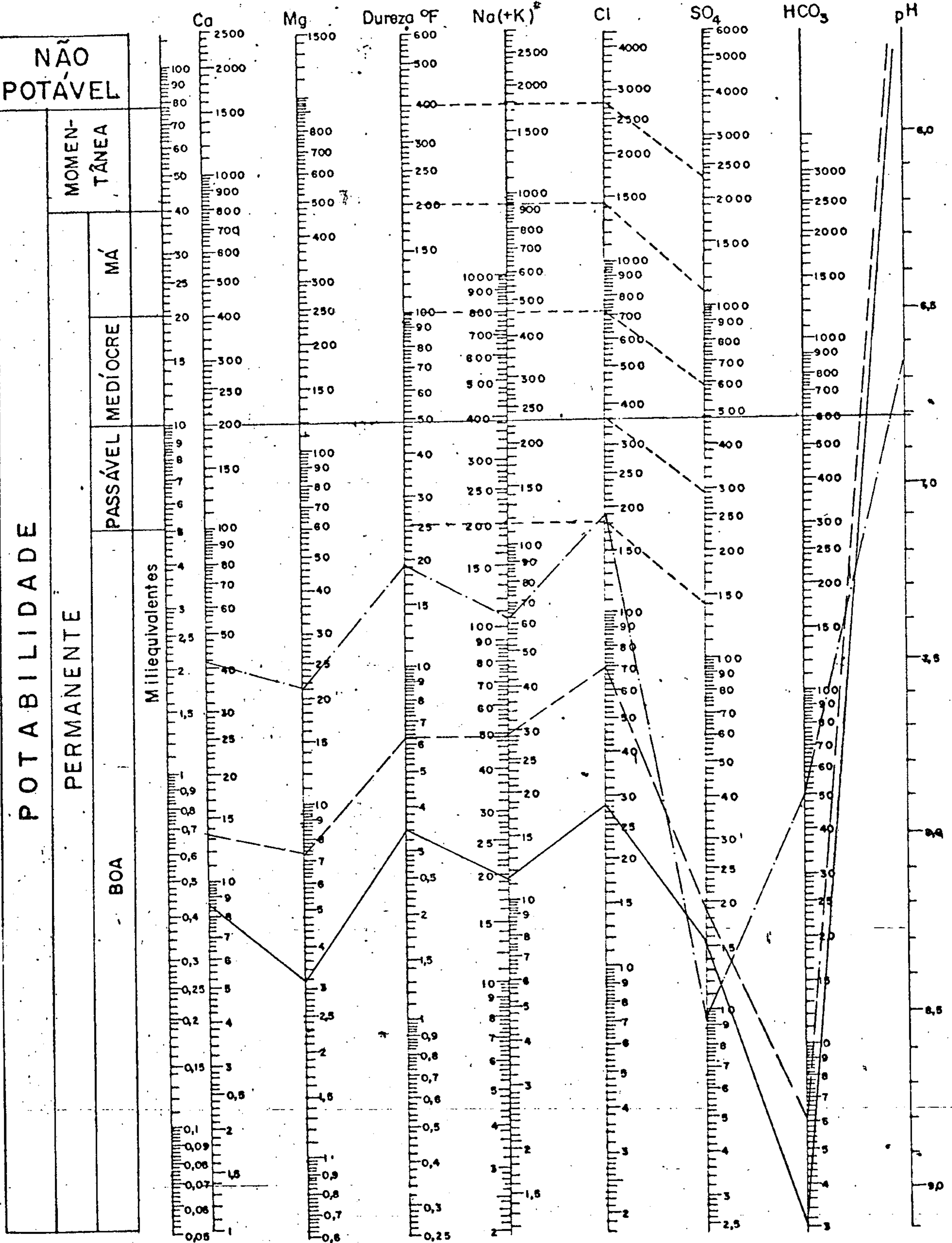
PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA

SUB-PROJETO. HIDROGEOLOGIA

FOLHA -

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
TEORES EM MILIGRAMAS POR LITROS

ÁGUAS CLORETADAS MISTAS



Na (+K) Transformar K em equivalente Na e somar.

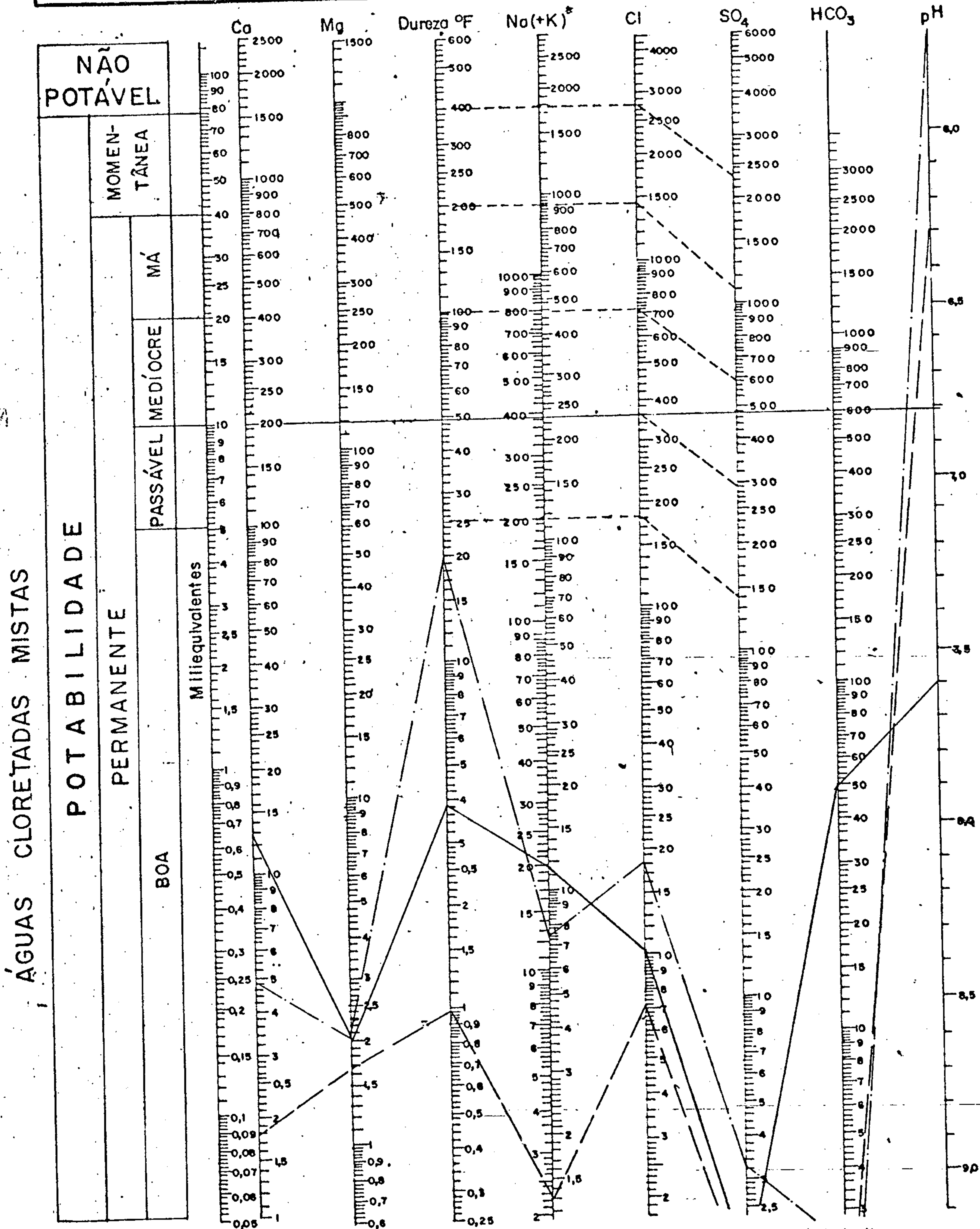
RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra
78,00	008.03	872,00	075.03		
285,00	067.03				

Fig. 4.5.8

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
 PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
 MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
 SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FOLHA -

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
 TEORES EM MILIGRAMAS POR LITROS



Na(+K) Transformar K em equivalente Na e somar.

RS mg/l	Nº da Amostra
82,00	112.03
15,00	127.03

RS mg/l	Nº da Amostra
82,00	124.03

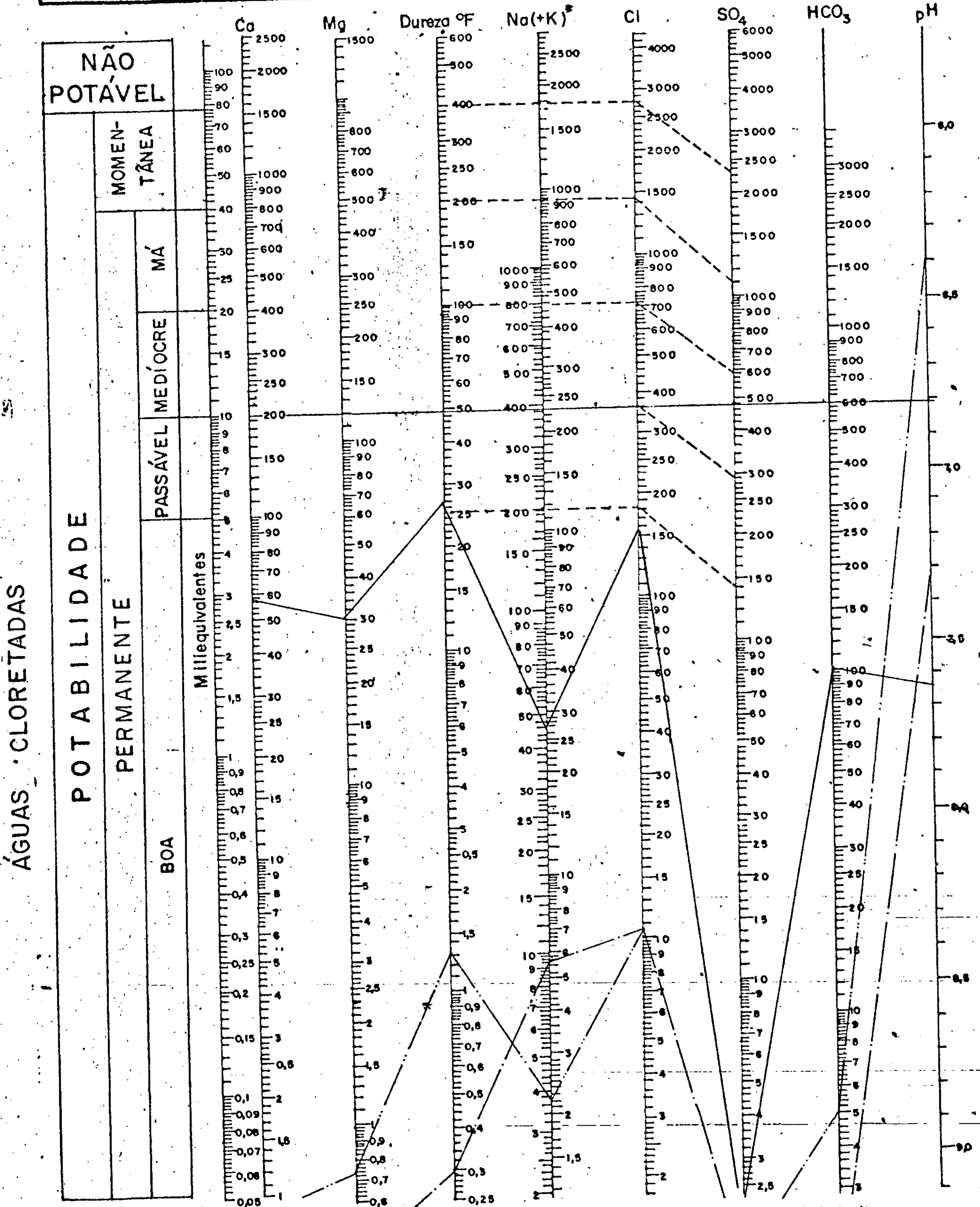
RS mg/l	Nº da Amostra

Fig. 4.5.9

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
 PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
 MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
 SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FOLHA -

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
 TEORES EM MILIGRAMAS POR LITROS



ÁGUAS · CLORETADAS

Na(+K) Transformar K em equivalente Na e somar.

RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra
578,00	092.03	19,00.	128.03		
27,00	137.03				

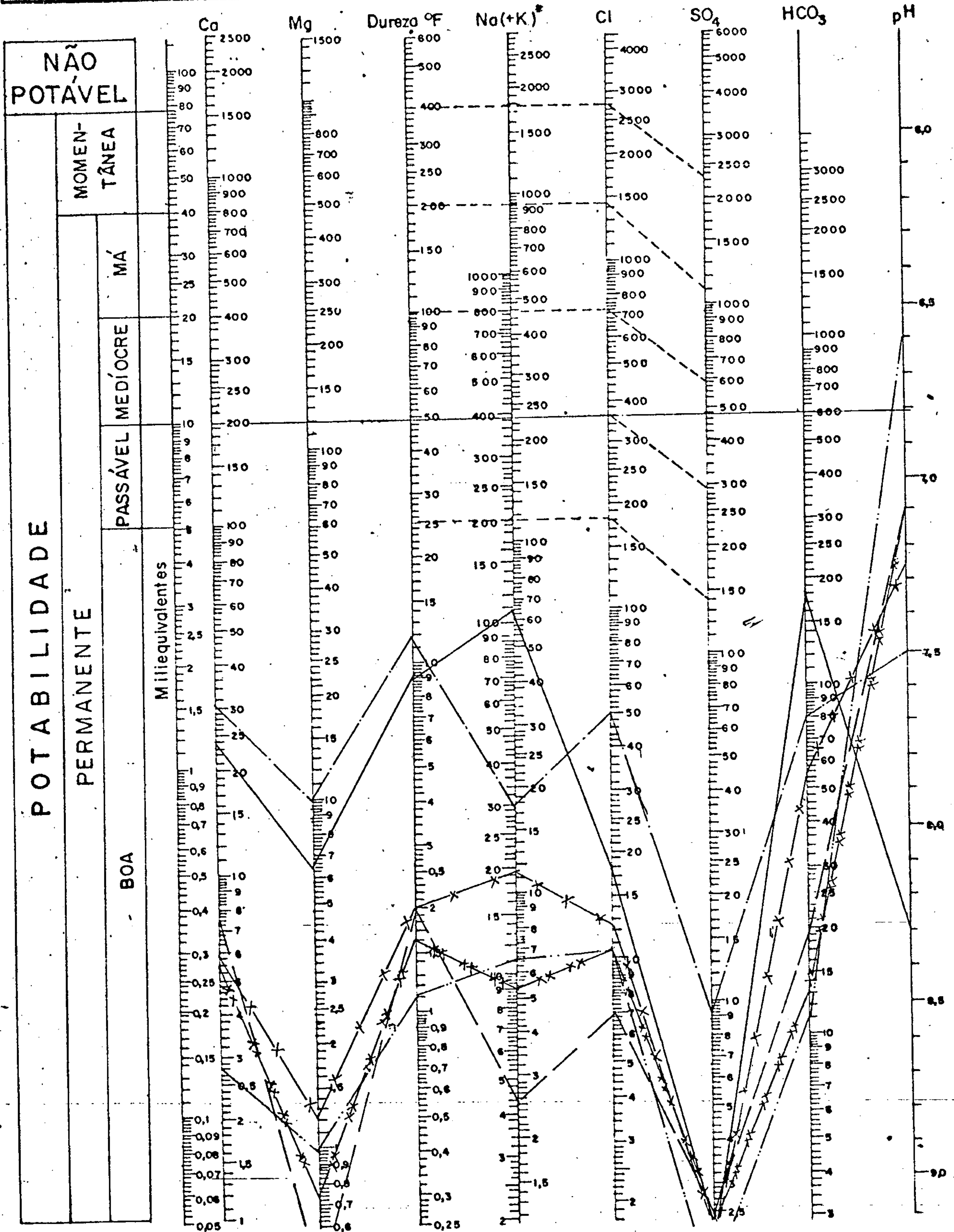
Fig. 4.5.10

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
 PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
 MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
 SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FOLHA -

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
 TEORES EM MILIGRAMAS POR LITROS

AGUAS CLORETADAS CARBONATADAS



Na(+K) Transformar K em equivalente Na e somar.

RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra
283,00	017.03	243,00	082.03	75,00	102.03 — X —
39,00	151.03	33,00	198.03	40,00	180.03 — XX —

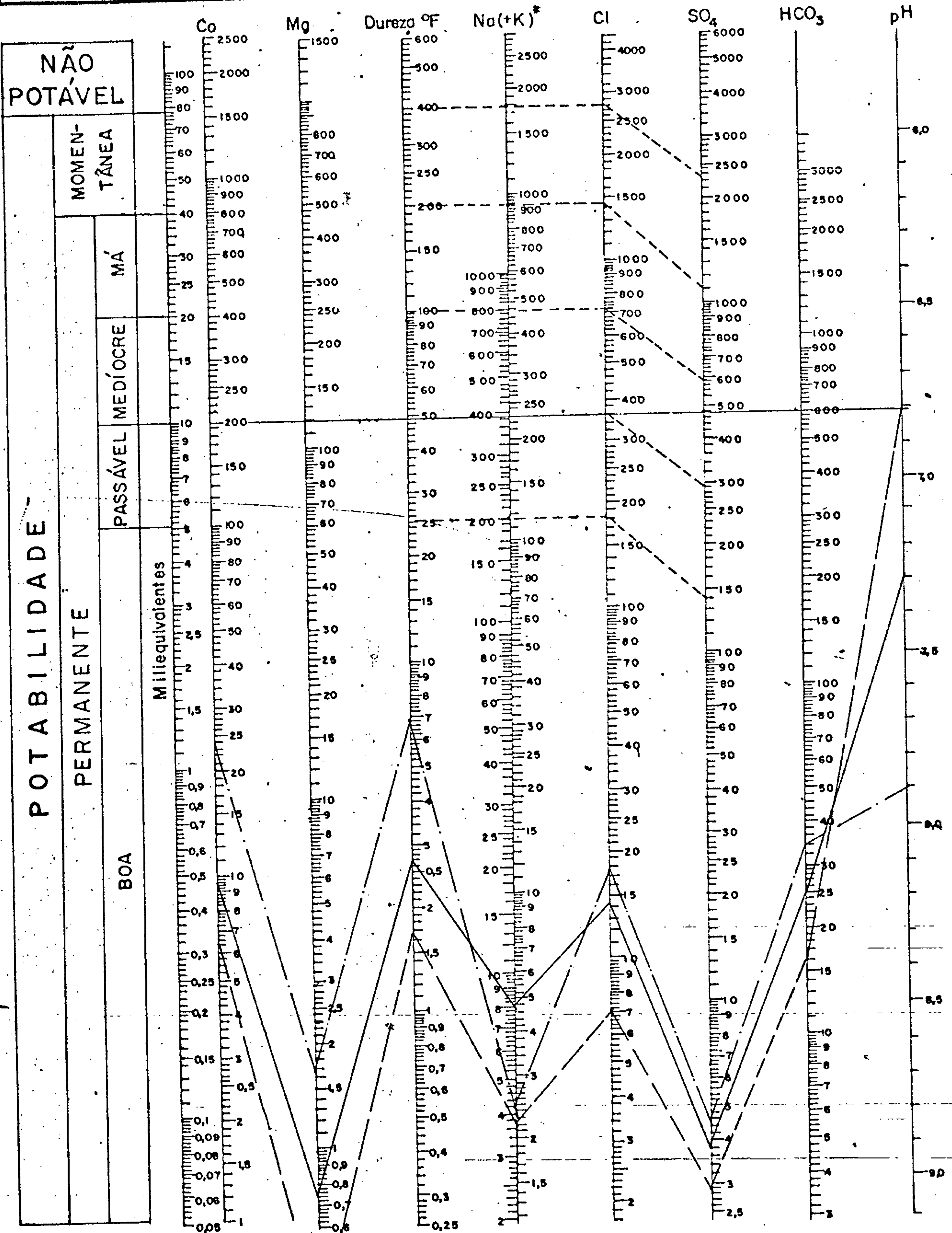
Fig. 4.5.11

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
 PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
 MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
 SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FOLHA -

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
 TEORES EM MILIGRAMAS POR LITROS

ÁGUAS CLORETADAS CARBONATADAS CÁLCICAS



Na(+K) Transformar K em equivalente Na e somar

RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra
46,00	106.03	112,00	135.03		
41,00	110.03				

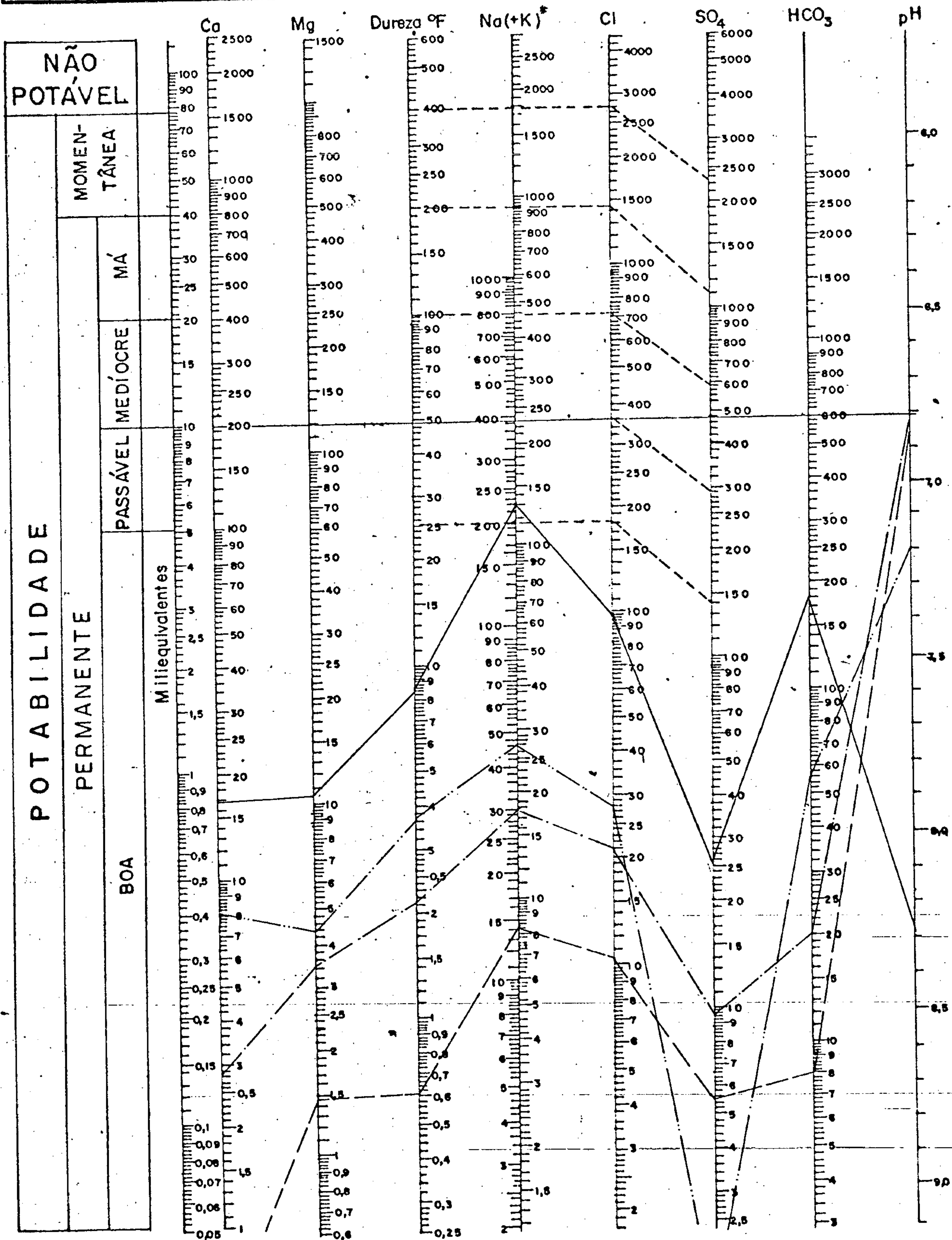
Fig. 4.5.12

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
 PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
 MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
 SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FOLHA -

DIAGRAMA DE ANALISE D'AGUA
 TEORES EM MILIGRAMAS POR LITROS

ÁGUAS CLORETADAS CARBONATADAS SÓDICAS



Na (+K) Transformar K em equivalente Na e somar.

RS mg/l	Nº da Amostra
679,00	030.03
43,00	040.03

RS mg/l	Nº da Amostra
104,00	074.03
144,00	088.03

RS mg/l	Nº da Amostra

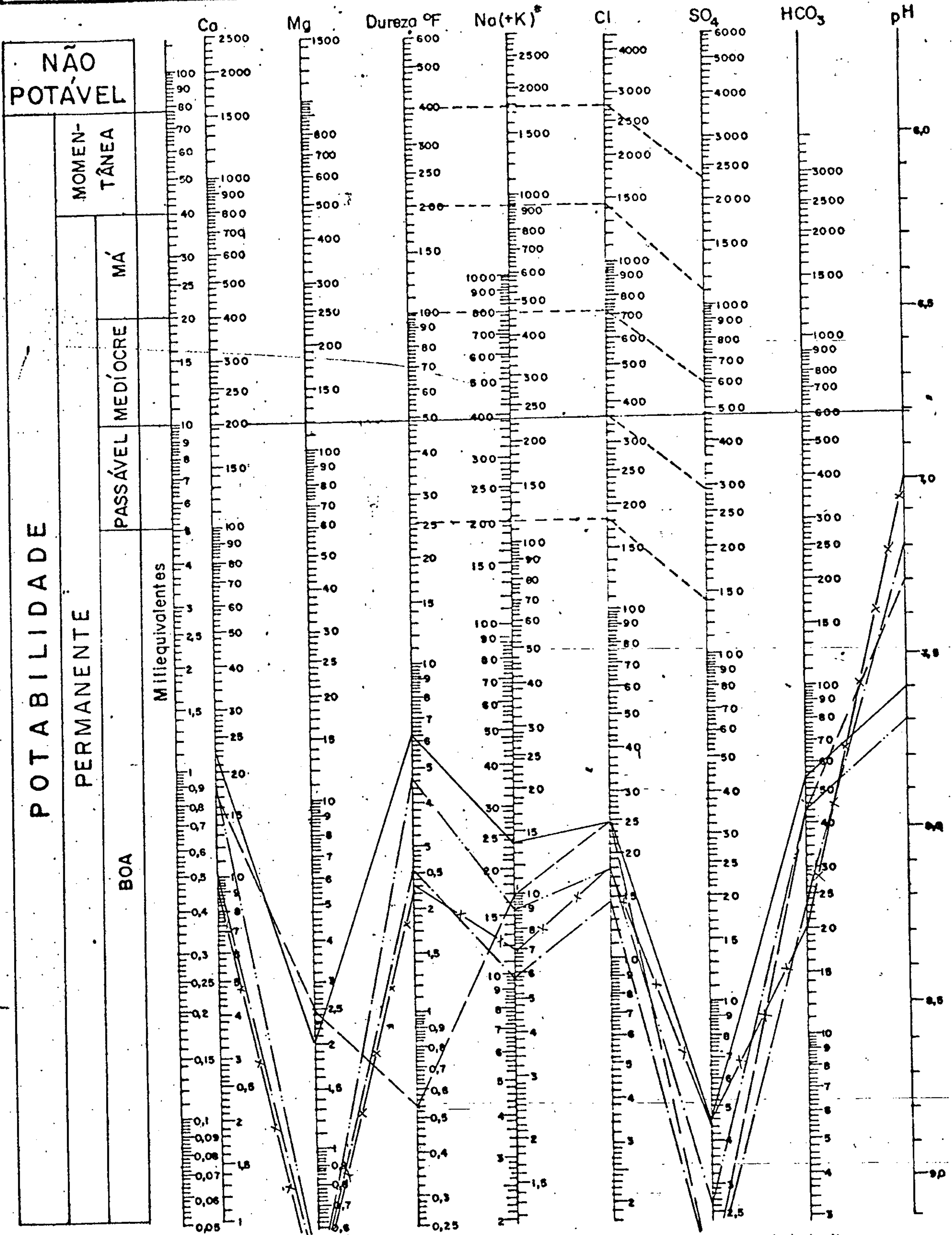
Fig. 4.5.13

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
 PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
 MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
 SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FOLHA -

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
 TEORES EM MILIGRAMAS POR LITROS

ÁGUAS CLORETADAS CARBONATADAS SODIÁS CALCÍCAS



RS mg/l	Nº da Amostra
120,00	113.03 ———
105,00	153.03 ———

RS mg/l	Nº da Amostra
60,00	155.03 ———
95,00	162.03 ———

RS mg/l	Nº da Amostra
60,00	193.03 — x —

Fig. 4.5.14

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

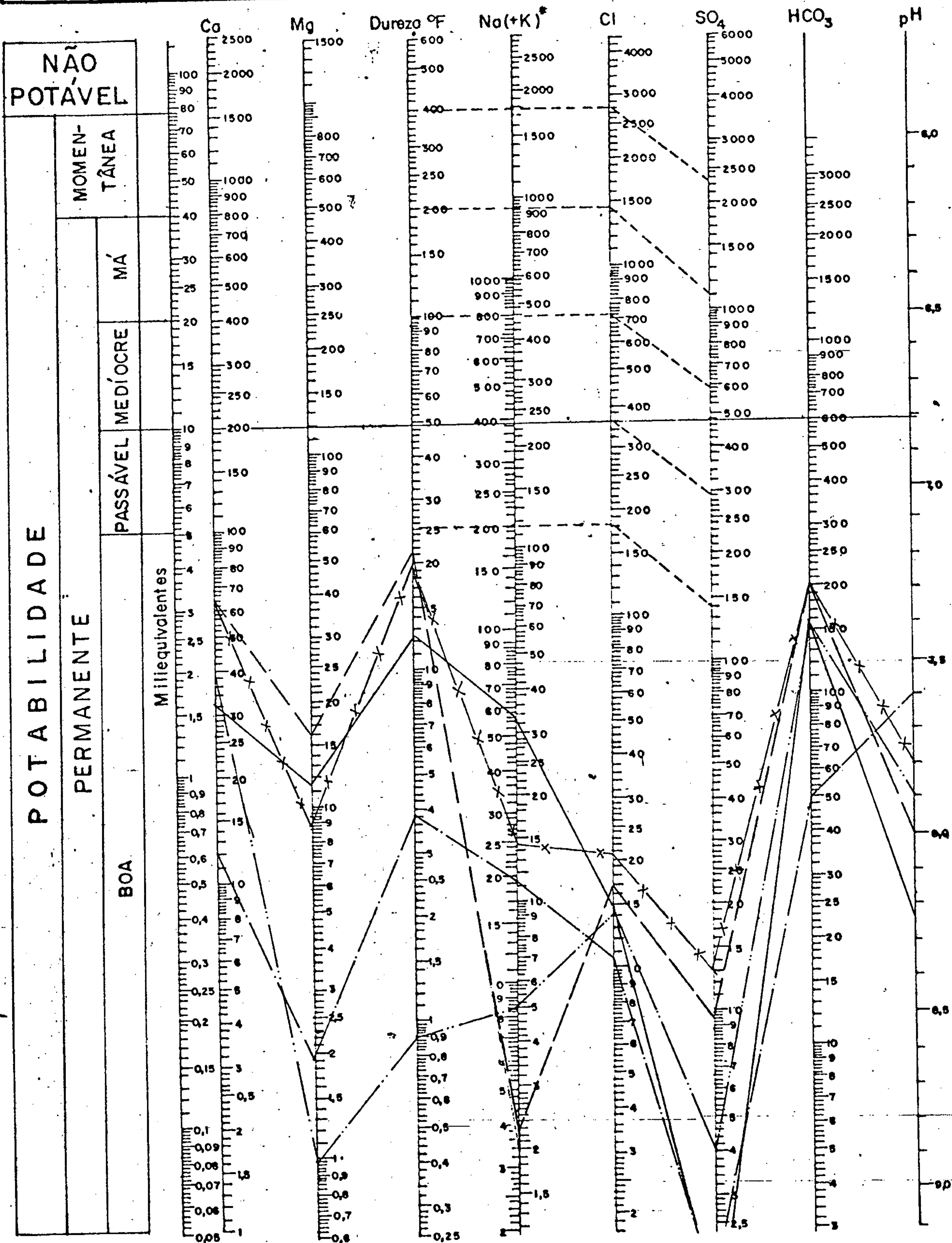
PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA

SUB-PROJETO. HIDROGEOLOGIA

FOLHA -

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
TEORES EM MILIGRAMAS POR LITROS

ÁGUAS CARBONATADAS



RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra
242,00	027.03	82,00	112.03	330,00	050.03 —X—
141,00	143.03	255,00	197.03		

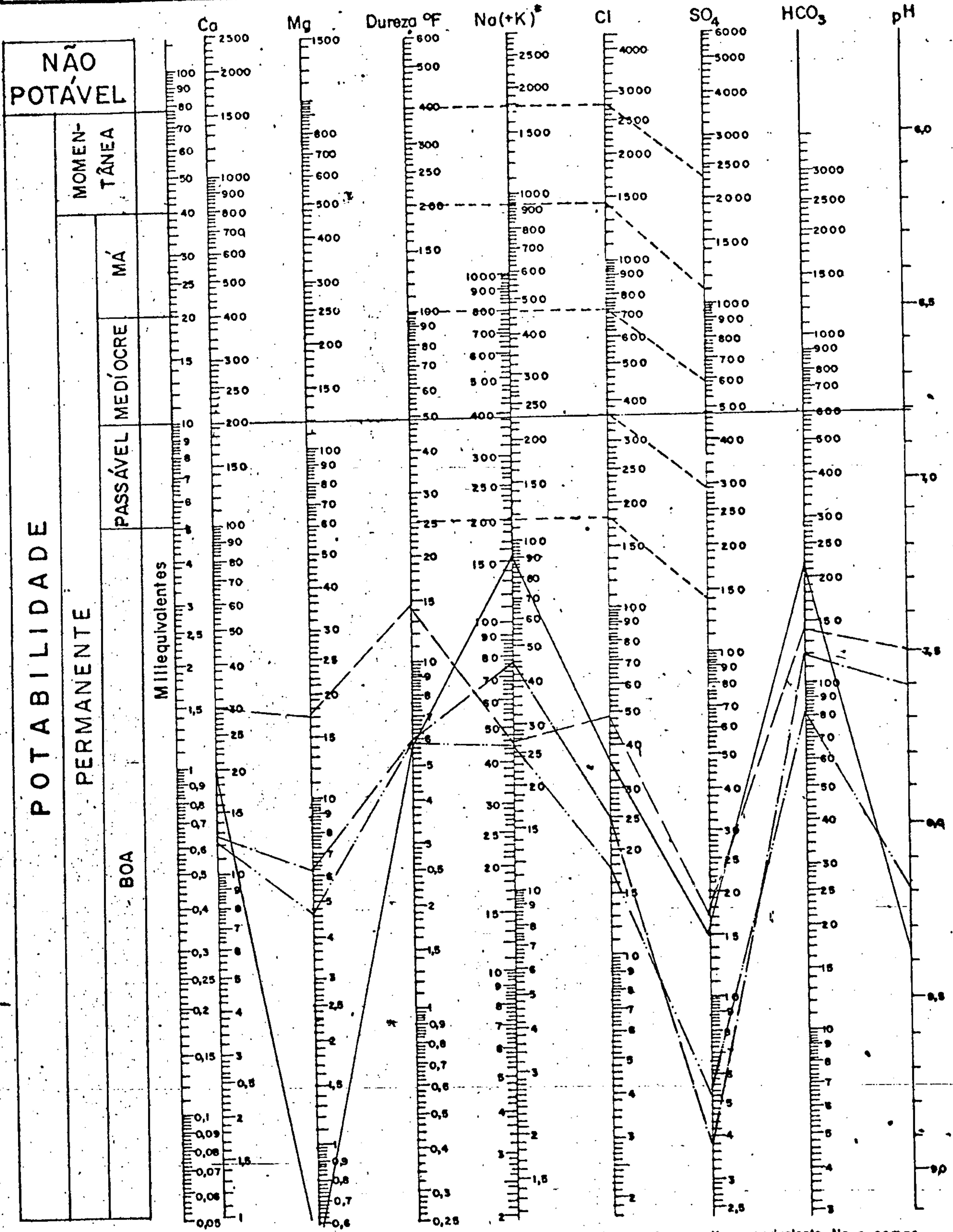
Fig. 4.5.15

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
 PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
 MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
 SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FOLHA -

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
 TEORES EM MILIGRAMAS POR LITROS

ÁGUAS CARBONATADAS



Na(+K) Transformar K em equivalente Na e somar.

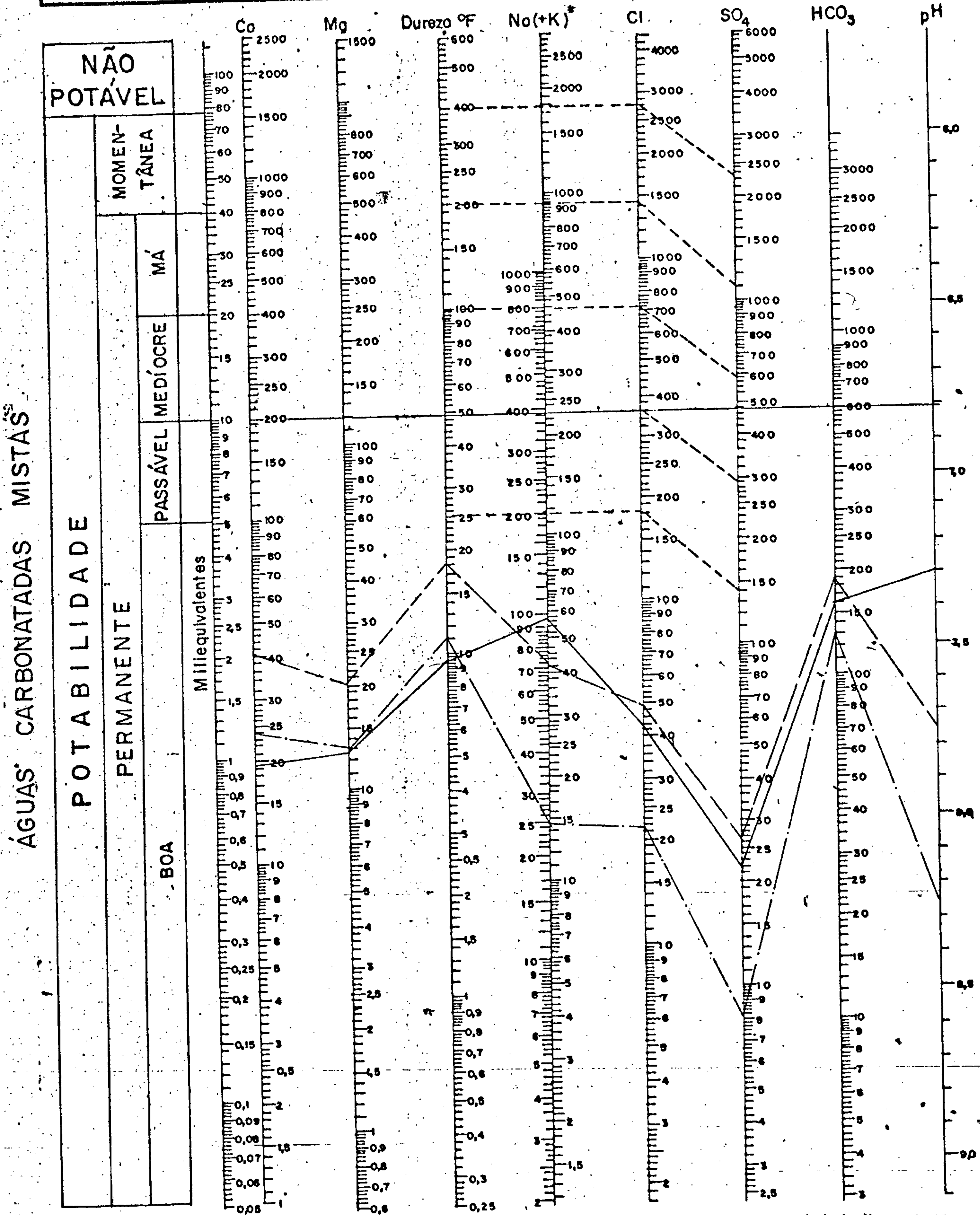
RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra
402,00	001.03	226,00	015.03		
275,00	023.03	147,00	071.03		

Fig. 4 .5. 16

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
 PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
 MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
 SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FOLHA -

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
 TEORES EM MILIGRAMAS POR LITROS



Na(+K) Transformar K em equivalente Na e somar.

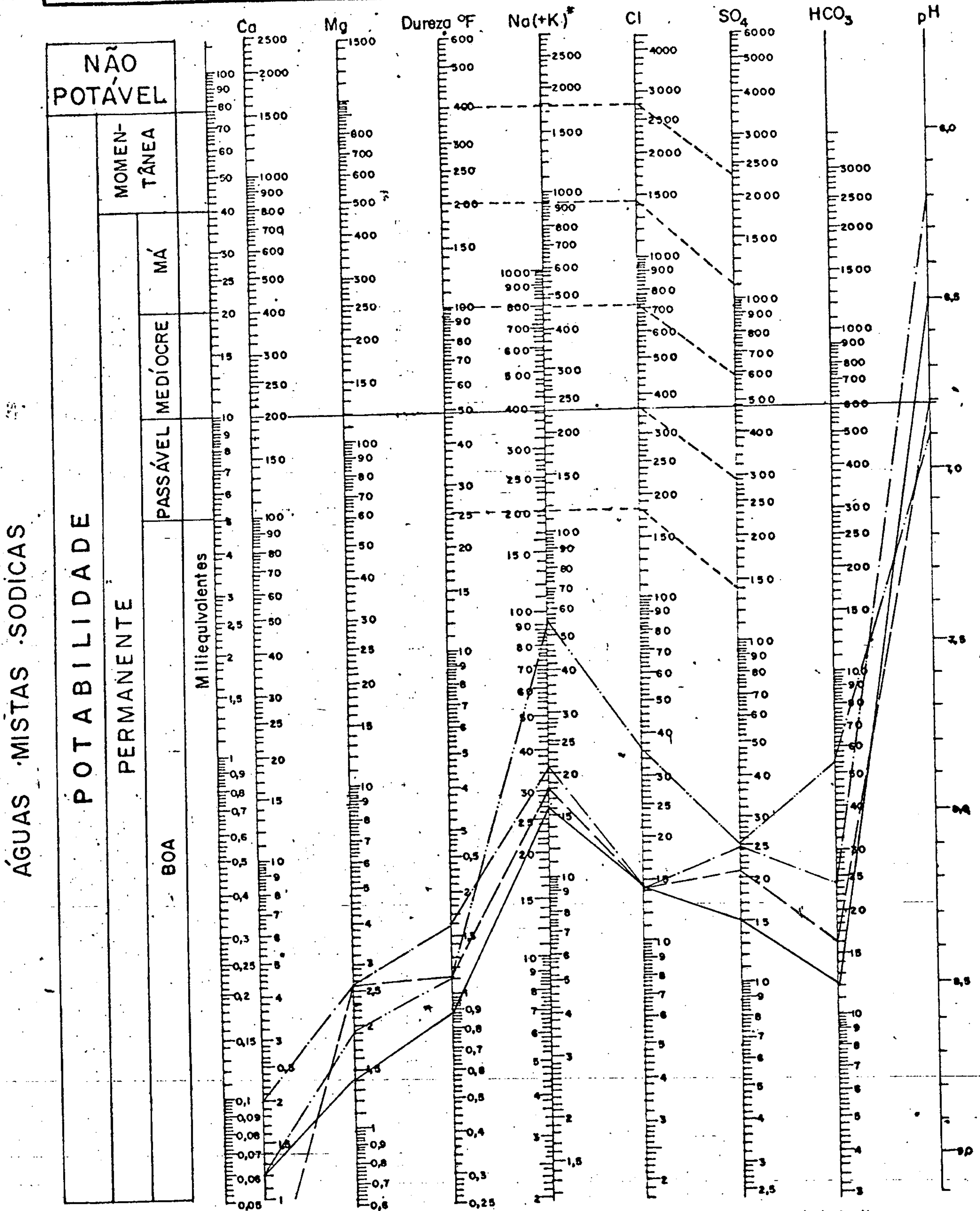
RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra
238,00	066 . 03	230,00	070 . 03		
276,00	069 . 03				

Fig. 4.5.17

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
 PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
 MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
 SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FOLHA -

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
 TEORES EM MILIGRAMAS POR LITROS



ÁGUAS MISTAS SÓDICAS

POTABILIDADE

PERMANENTE

BOA

PASSÁVEL

MÉDIOCRE

MÁ

MOMEN-
TÂNEA

NÃO
POTÁVEL

Na(+K) Transformar K em equivalente Na e somar.

RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra
66,00	018.03	60,00	055.03		
78,00	054.03	148,00	056.03		

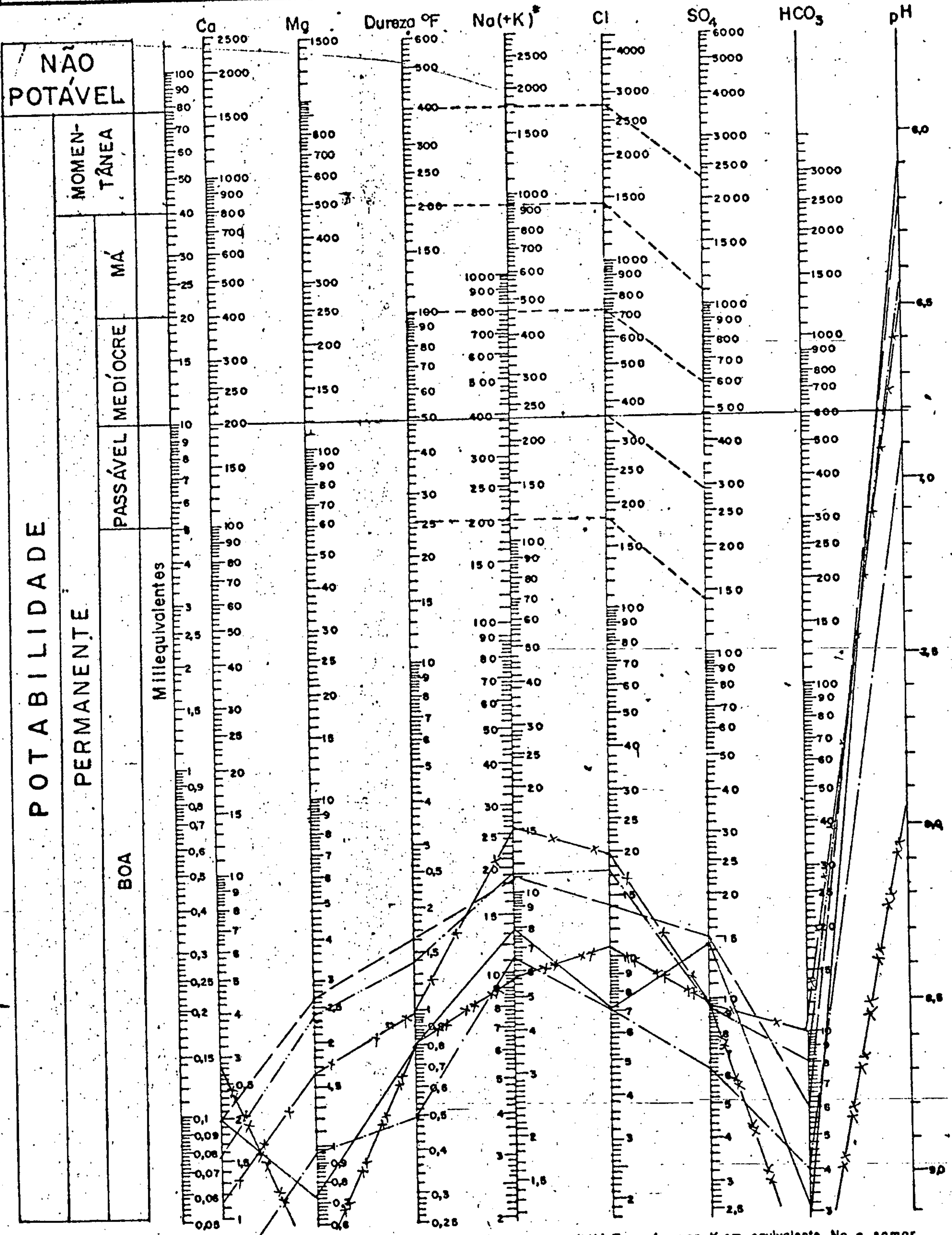
Fig. 4.5.18

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
 PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
 MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
 SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FOLHA -

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
 TEORES EM MILIGRAMAS POR LITROS

ÁGUAS SULFATADAS CLORETADAS SODIICAS



Na (+K) Transformar K em equivalente Na e somar.

RS mg/l	Nº da Amostra
41,00	007.03
50,00	010.03

RS mg/l	Nº da Amostra
432,00	020.03
140,00	057.03

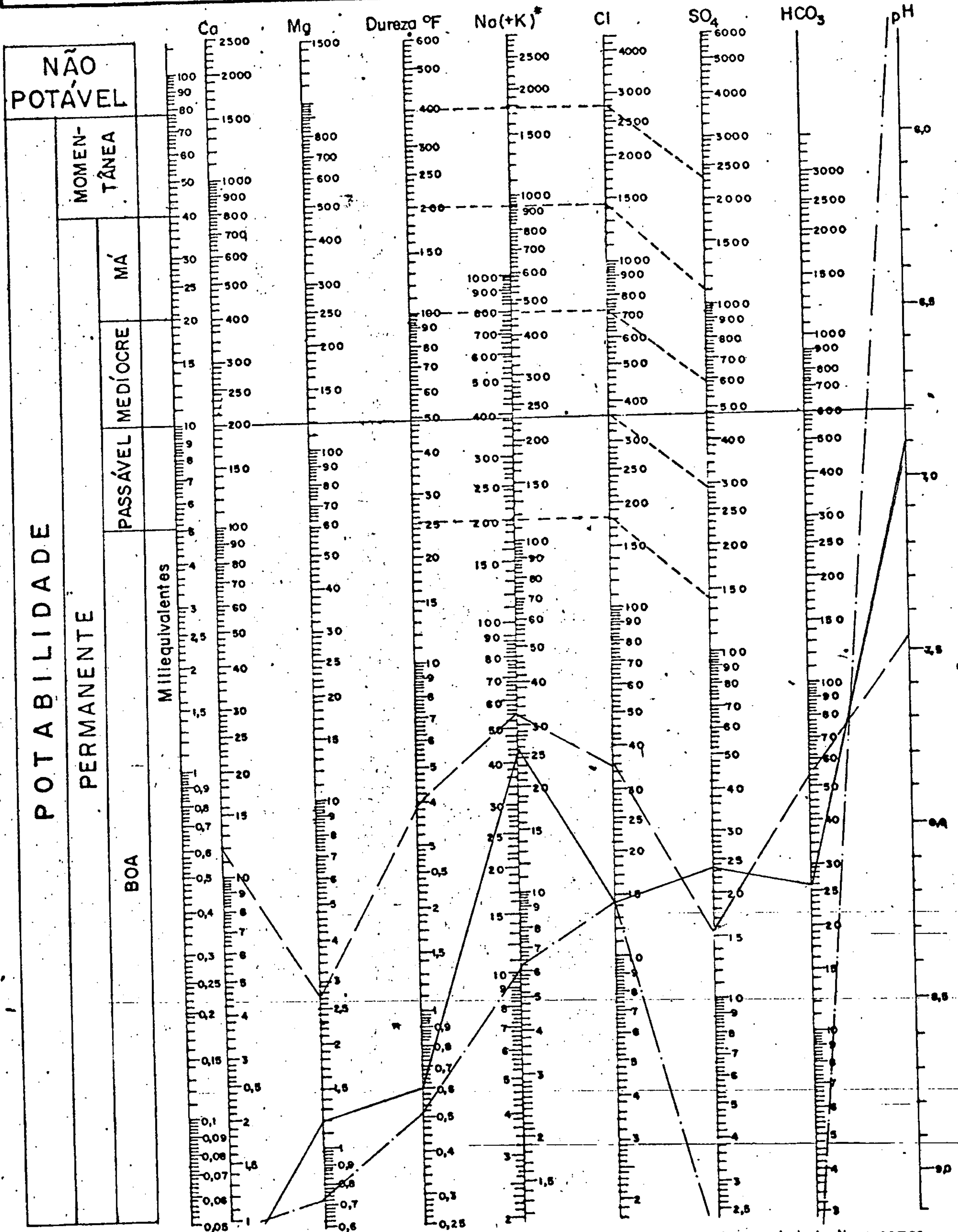
RS mg/l	Nº da Amostra
109,00	097.03 —x—x—
61,00	194.03 —xx—

Fig. 4.5.19

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
 PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
 MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
 SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FOLHA -

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
 TEORES EM MILIGRAMAS POR LITROS



Na(+K) Transformar K em equivalente Na e somar.

RS mg/l	Nº da Amostra
75,00	046.03
152,00	052.03

RS mg/l	Nº da Amostra
28,00	173.03

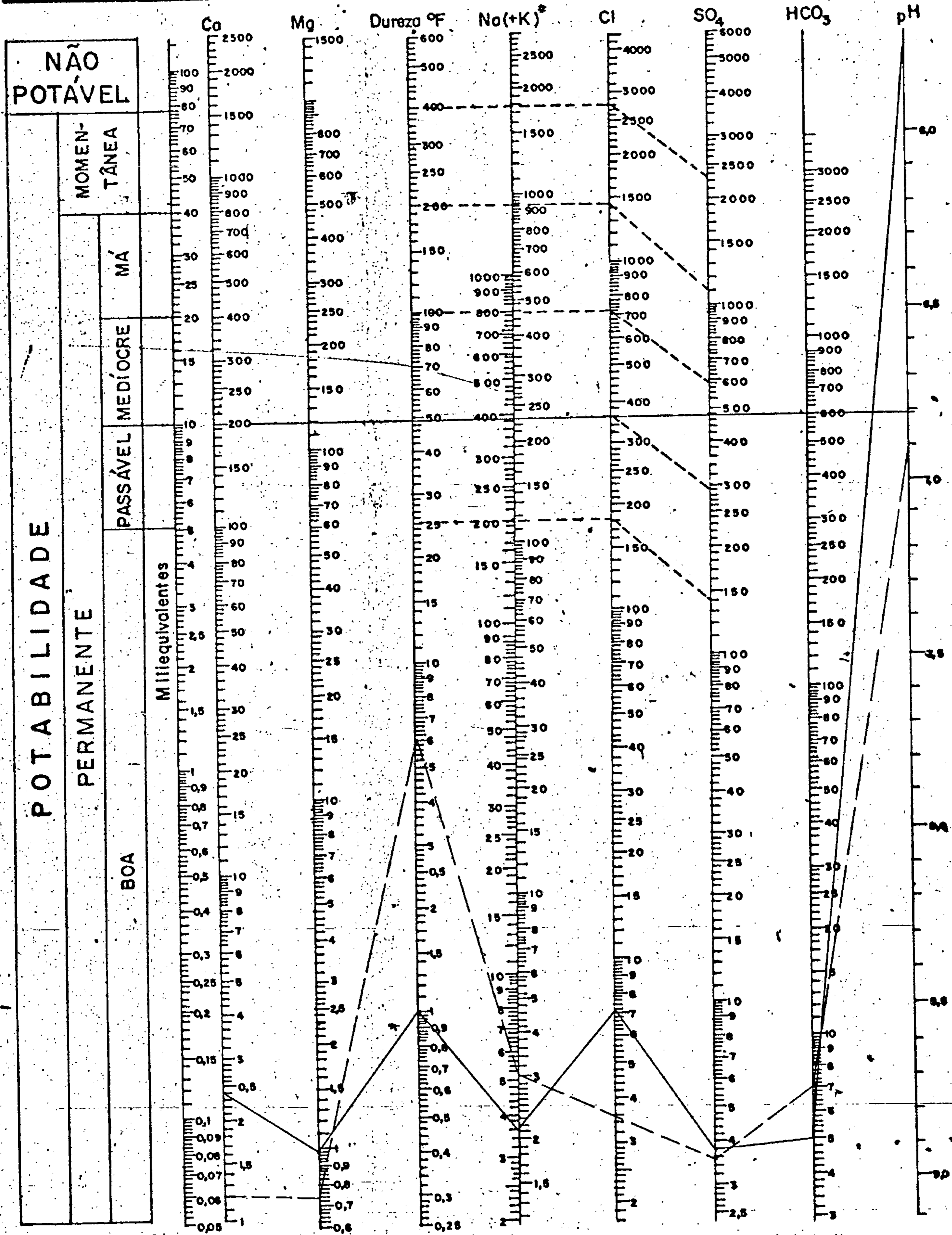
RS mg/l	Nº da Amostra

Fig. 4.5.20

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
 PROJETO ESTUDO GLOBAL DOS RECURSOS
 MINERAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA
 SUB-PROJETO HIDROGEOLOGIA

FOLHA -

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
 TEORES EM MILIGRAMAS POR LITROS



No (+K) Transformar K em equivalente Na e somar.

RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra	RS mg/l	Nº da Amostra
25,00	130.03	14,00	160.03		

Fig. 4. 5. 21

nas iônicas do cloro e sódio na faixa de potabilidade pas-
sável.

As demais classes de água apresentam o pa-
drão de potabilidade boa.

O pH é a única característica que está fo-
ra dos padrões de potabilidade normal, tendendo a ser áci-
da na maioria das amostras analisadas.

Em relação aos resíduos secos, as amostras,
salvo poucas exceções, estão além do limite de 500 mili-
gramas por litro, tomado por padrão.

5 - HIDROGEOLOGIA

5.1 - GENERALIDADES

Ocorrem dois tipos de litologia distintos e que devem ser tratados separadamente sob o ponto de vista hidrogeológico: rochas sedimentares e rochas cristalinas.

As rochas sedimentares ocorrem predominantemente, cobrindo a porção maior da área estudada.

Durante o período de campo procedeu-se ao cadastramento de 196 pontos de água, catalogados em fichas apropriadas, ficando assim distribuídos:

55 poços tubulares	(28%)
138 poços manuais	(70%)
3 fontes	(2 %)

A densidade média dos pontos de cadastrados é de um ponto de água para cada 370 quilômetros quadrados.

O Quadro 5.1.1 resume as características litológicas e hidrogeológicas das formações.

É necessário enfatizar que as formações sedimentares que ocorrem subjacentes à Formação Itapecuru são aqui citadas supostamente, já que não existem dados de perfurações profundas que ratifiquem plenamente, a existência de toda coluna litológica descrita.

QUADRO 5.1.1

COLUNA HIDROGEOLOGICA DA FOLHA 03

PERÍODO	UNIDADE ESTRATIGRÁFICA	ESPESSURA MÉDIA (m)	LITOLOGIA	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS
QUATERNÁRIO	Aluvião	6 - 8	Depósitos de constituição arenosa, seixos e areias diversas.	Boas características de armazenamento e permeabilidade, porém pelas suas reduzidas dimensões servem apenas para pequenos abastecimentos.
TERCIÁRIOS	Coberturas	10 - 12	Sedimentos de coloração amarelo e avermelhado, matriz areno-argilosa, seixos de quartzo, caulim e limonitos.	Pela sua localização alta, constituição litológica e pequenas espessuras, não apresentam boas condições hídricas.
CRETÁCEO	Formação Itapecuru	500	Arenitos avermelhados e claros, muito argilosos, caulim, estratificação cruzada, intercalações silticas.	Bom potencial hidrogeológico em seus níveis mais arenosos. Considerados por alguns autores como aquífero porém em decorrência de níveis arenosos de potencialidade boa pode ser considerado aquífero.
	Formação Codó	150	Folhelho cinza esverdeado, ostracóide, calcário, intercalações de arenitos finos-claros, folhelhos diversos e calcários.	O material pelítico torna esta formação potencialmente fraca para ser considerada aquífero.
JURÁSSICO	Formação Corda	45	Arenito esverdeado, fino a médio, bem avermelhado, cimentação calcária.	Boas condições hidrogeológicas apesar da pequena espessura média.
PERMIANO	Formação Pedra de Fogo	240	Folhelhos e siltitos intercalações calcárias e arenosas.	Litologicamente não se apresenta favorável a ter condições hidrogeológicas boas.
CARBONÍFERO	Formação Piauí	55	Arenitos finos a médios, friáveis, granulação grosseira seixos quartzosos.	Boas condições hidrogeológicas, sobretudo devido a sua granulação.
	Formação Longá	500	Arenitos finos esverdeados intercalações silticas. Areias médias e grossas mais para a base.	Juntamente com a Formação Piauí, constituem-se em bons aquíferos.
DEVONIANO	Formação Cabeças	270	Arenitos claros, fino a médio, e também grosseiro, algumas intercalações de siltes e folhelhos.	Características boas sob o ponto de vista hidrogeológico com boas perspectivas de exploração.
	Formação Pimenteiras	125	Arenitos e folhelhos intercalados com predominância de sedimentos pelíticos.	Litologicamente não apresenta boas características hidrogeológicas.
	Formação Serra Grande	85 - 90	Arenitos claros, gradando de fino a médio.	Boas características hidrogeológicas, entretanto sua profundidade é grande para uma exploração econômica.
SILURLANO	Cristalino	-	Xistos, granitos e gnaisses, tonalitos, etc.	Fracas características hidrogeológicas

5.2 - ÁGUA SUBTERRÂNEA NAS ROCHAS CRISTALINAS

As rochas cristalinas ocupam uma fração relativamente pequena (8,5%) da área total.

Estas rochas ocorrem na parte centro-norte da Folha e está constituída pelas rochas do Grupo Gurupi e do Complexo Basal.

O comportamento hidrogeológico das rochas cristalinas é função direta do sistema estrutural de juntas e falhas existentes.

A área em estudo está localizada em região de alta pluviosidade e vegetação exuberante, favorecendo a formação de mantos de intemperismo que mascaram as rochas cristalinas.

Os pontos de água encontrados nesta região são de pouca profundidade não atingindo as rochas cristalinas não intemperizadas.

Em virtude da área ser muito restrita e de pequeno interesse hidrogeológico não serão efetuadas considerações mais detalhadas.

5.3 - ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NAS ROCHAS SEDIMENTARES

As rochas sedimentares que ocorrem nesta Folha integram a Bacia Sedimentar do Meio-Norte, ou Bacia do Maranhão.

São feitas considerações hipotéticas, basea-

das em dados de áreas vizinhas, sobre cada uma das formações que ocorrem em subsuperfície.

As formações sedimentares que ali ocorrem estão a seguir descritas, sob o ponto de vista hidrogeológico, nas conclusões das viagens ao campo e na bibliografia existente.

Observa-se que, nesta área só temos como formação aflorante, a Formação Cretácia Itapecuru.

As demais formações se encontram em subsuperfície e as conclusões se basearam em perfis de poços realizados pela Petrobrás que fornecem informações valiosas sobre a situação sub-superficial.

Passaremos a analisar, hidrogeologicamente, cada uma delas.

Aquífero Serra Grande

Devido a sua constituição litológica, esta formação é, normalmente, considerada como aquífero.

Os poços perfurados para água nesta área não atingem a Formação Serra Grande devido a sua profundidade, de modo que não existem dados para determinações das características hidrogeológicas.

A sua profundidade nas proximidades de Pindaré-Mirim é de aproximadamente 2.000 metros.

O mapa de isópacas da Formação Serra Grande (Guanahyro, 1969), indicam espessuras até de 500 metros; entretanto o perfil do poço PM-st-1-MA atravessou

apenas 83 metros.

Devido a profundidade do aquífero e das opções de exploração não há justificativa para se procurar explorar este aquífero.

Formação Pimenteiras - Em decorrência de sua constituição litológica, não apresenta maiores interesses, quanto ao aspecto hidrogeológico.

Esta formação serve de elementos confinantes da Formação Serra Grande.

Tradicionalmente, para outras áreas é considerada como aquíclode.

Formação Cabeças - A Formação Cabeças, considerada tradicionalmente na Bacia do Meio Norte como bom aquífero, teve 124 metros de sedimentos perfurados em Pindaré-Mirim, Estado do Maranhão, em um poço da Petrobrás. Em Santa Luzia (MA) a profundidade desta formação ultrapassa 2.000 metros, o que torna a sua exploração impraticável, em termos hidrogeológicos.

Formação Longã - Assim como a Formação Pimenteiras, não é promissora do ponto de vista hidrogeológico.

A sua espessura média dada por poços estratigráficos é de 540 metros.

Aquíferos Poti/Piauí - Estas duas formações geralmente apresentam boas características hidrogeológicas; são constituídas por arenitos de granulometria variável e também algumas intercalações silto-argilosas.

A espessura média total das duas formações é de aproximadamente 180 metros, embora existam espessuras superiores a 250 metros.

Estas formações estão confinadas entre as formações sedimentares pelíticas Longá e Pedra de Fogo.

Os aquíferos Poti/Piauí, juntamente com o aquífero Corda, são os mais promissores para poços tubulares profundos.

Formação Pedra de Fogo - Esta formação é constituída por folhelhos e siltitos com intercalações e arenosas; tem na área uma espessura média de 240 metros.

- Analisada sob o ponto de vista hidrogeológico, não apresenta boas características hidrogeológicas sendo considerada um aquífero.

Sendo a formação que está por baixo do aquífero Corda, favorece o armazenamento de água naquela formação por dificultar, devido a sua constituição litológica, a infiltração vertical.

Aquífero Corda - Esta formação é constituída de arenitos esverdeados, possuindo granulometria variando de média a fina.

É a primeira formação abaixo da Formação I tapecuru que apresenta condições favoráveis à exploração. A espessura média desta formação é pequena, variando em torno de 45 metros.

Formação Codô - Constituída em sua maior parte por sedimentos muito finos, a Formação Codô, com folhelhos diversos, embora com intercalações arenosas, não apresenta grandes interesses do ponto de vista hidrogeológico.

- A sua espessura média é de 150 metros.

Formação Itapecuru - Constituída por arenitos de coloração variada, avermelhados a claros, apresentando seixos de quartzo, bastante material argiloso, e intercalações silticas, esta formação ocorre superficialmente, em toda a área da Folha São Luiz-SO, é exceção da área de rochas cristalinas.

Praticamente, todos os pontos de água cadastrados estão nesta formação, considerada por muitos autores como aquitardo, porém, apresentando níveis arenosos que justificam a perfuração de poços tubulares.

A espessura média desta formação é de 500 metros, podendo atingir 600 metros.

Os poços tubulares cadastrados, inclusive, os poços de ponteira, tem profundidade média de 110,5 metros, sendo que o poço mais profundo cadastrado tem 220,00 metros, e o poço mais raso (poço de ponteira) 7,95 metros de profundidade.

Os níveis estáticos apresentam uma média de 10,50 metros, sendo o máximo 33,65 metros e o mínimo 1,22 metros.

Os níveis dinâmicos tem a média de 36,9 metros, com o máximo de 84,17 e o mínimo de 3,17 metros.

A vazão média é de 6,65 litros por segundo com os valores máximo de 28 l/s (Pindaré-Mirim) e 0,52 l/s como mínimo.

O percentual de instalação de equipamento de bombeio em poços tubulares é de apenas 33 por cento.

Coberturas Arenosas- A Formação Itapecuru apresenta, em algumas áreas de cotas mais elevadas, coberturas decorrentes de intemperismo.

Estas coberturas são constituídas por sedi-

mentos areno-argilosos de coloração variada, as vezes amareladas claras e outras vezes avermelhadas, indicando forte intemperismo.

Estas coberturas ocorrem em áreas relativamente grandes.

Situando-se em partes mais elevadas, com uma litologia parcialmente argilosa e espessura relativamente pequena, não têm condições de se tornarem unidades hidrogeológicas de maior destaque, constituindo-se apenas em fontes de abastecimentos locais e alimentador dos pequenos cursos de água que ocorrem em abundância nas regiões menos elevadas; devem, também, servir de alimentadores da Formação Itapecuru, por infiltração vertical em suas partes mais arenosas.

Reservas da Águas Subterrâneas

Neste item serão efetuadas estimativas visando definir as reservas hídricas subterrâneas.

Escoamento natural - A vazão de escoamento natural pode ser obtido relacionando-se a taxa de infiltração média (I_{en}), pluviometria média (P_m) e a superfície da área de recarga (A), obtendo-se uma ordem de grandeza dos volumes escoados.

O escoamento natural na Formação Itapecuru foi calculado, então, estimando-se a taxa de infiltração média de 2,0%, a pluviometria média de 2.000 mm em uma área de 50.400 quilômetros quadrados. A partir destes dados ter-se-á:

$$Q_{en} = I_{en} \times P_m \times A$$

$$Q_{en} = 2 \times 10^{-2} \times 2.000 \times 10^{-3} \times 50.400 \times 10^6$$

$$Q_{en} = 2.000 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

6 - CONCLUSÕES

Trata, este trabalho, de um estudo de caráter regional, em pequena escala (1:500.000), visando servir de base a futuros trabalhos mais específicos e localizados.

A área em estudo está situada em parte da Bacia do Meio-Norte, cobrindo uma superfície de aproximadamente 72.000 quilômetros quadrados, e com uma densidade populacional muito variada devido a falta de acesso a grandes áreas recobertas por florestas.

A pluviometria é alta, alcançando valores acima de 2000 milímetros por ano, em algumas regiões.

A vegetação é caracterizada por florestas em regiões pré-amazônicas, e campos em áreas maranhenses.

Na quase totalidade da área ocorre a formação cretácia Itapecuru, restando uma área pequena ocupada por rochas cristalinas pré-silurianas.

Hidroquimicamente, as águas que predominam são as águas cloretadas. As águas, de maneira geral, apresentam baixa salinização e podem ser utilizadas sem maiores riscos de salinização em irrigações.

Os estudos hidrogeológicos apoiaram-se no cadastramento de quase duzentos pontos de água, entre poços manuais e tubulares, e fontes.

Os poços tubulares, em número de 55, apresentaram profundidade média de 110 metros a vazão média de 6,65 litros por segundo.

A falta de dados de testes de aquíferos, assim como a impossibilidade de definição, em subsuperfície, da extensão das diversas camadas sedimentares, não permitiram a definição dos principais parâmetros hidrogeológicos (transmissibilidade, permeabilidade e armazenamento).

De acordo com o cadastro não há dados das características de aquífero nestas formações, podendo-se supor boas perspectivas hidrológicas baseados em dados obtidos nas folhas contíguas, para as formações Itapecuru, Corda e o Sistema Poti/Piauí.

A formação Itapecuru em decorrência de sua constituição litológica (argilosa) favorece muito o escoamento superficial, em detrimento de uma alimentação maior das camadas inferiores.

7 - BIBLIOGRAFIA

AGUIAR, Guanahyro Antunes de - Bacia do Maranhão, geologia e possibilidades de petróleo. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, 1969, 55p. il (Relatório, 371).

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Divisão de Concessão de Recursos Hídricos - Sistema de Codificação das Estações Hidrológicas. Brasília, DNAEE, 1976, 22p. Anexos. il.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Divisão de Concessão de Recursos Hídricos. Inventário das Estações Pluviométricas. Brasília, DNAEE, 1976. 192 p. il.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba (Relatório Preliminar, CPRM). Recife DNPM/CPRM, 1975. 3v. il.

BRASIL. MINISTÉRIO DO INTERIOR. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Arquivo Controle Pluviométrico Piauí, Maranhão. Recife, SUDENE. 5v.

BRASIL. MINISTÉRIO DO INTERIOR. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Elementos de hidrogeologia prática. 2a ed. Recife, SUDENE. Divisão de Documentação, 1971. 353 p. il.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. 1976 - Rio de Janeiro, Secretaria de Planejamento da Presidência da República. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1976. 813p.

BRASIL. FUNDAÇÃO IBGE. Geografia do Brasil. Região Nordeste. Rio de Janeiro, 1977. 454 p. il.

BRASIL. FUNDAÇÃO IBGE. Geografia do Brasil. Região Norte. Rio de Janeiro, 1977. 466p. il.

- BRASIL. SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Pecuária Municipal. Região Nordeste. Rio de Janeiro, Fundação IBGE, 1974. vol.2 2 316 p. il.
- BRASIL. SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. SINOPSE ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro, Fundação IBGE, 1977. 626p. il.
- CASTANY, G. Prospection et exploration des caux sauterraines. Paris, Dunod, 1968. 717p. il.
- _____ Traité pratique des caux sauterraines. Paris, Dunod, 1963. 657p. il.
- CRUZ, Waldemar Barbosa da & MELO, Francisco - Estudo Geoquímico Preliminar das Águas Subterrâneas do Nordeste do Brasil. Recife, SUDENE, Div.Documentação, 1974. 128p. il. mapas (in bolso) (Brasil. SUDENE. Hidrogeologia, 19).
- CUSTÓDIO, Emílio & LLAMAS, Manoel Ramon.- Hidrologia subterrânea. Barcelona, Omega, 1976. 2v. il.
- DAVIS, Stanley N. & DEWIEST, Roger J.M - HIDROGEOLOGY, New York, John Wiley & Sons, Inc., 1966. 463p. il.
- DEWIEST, roger. J.M - GEOHYDROLOGY. New York, John Wiley & Sons., Inc., 1965.366p. il.
- LEAL, Antonio de Sousa - Legenda para mapas hidrogeológicos. Recife, SUDENE, 1973. 72p. (Brasil. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeológica, 48).
- LOGAN. John - The interpretation of chemical malyses of water. REcife, USAID, 1965. 65p. graf.
- MAIO, Celeste Rodrigues - Considerações Gerais sobre a semi-aridez do nordeste do Brasil. Rio de Janeiro, Fundação IBGE, Rev. Bras. Geogr. Out/Dez., 1961.
- PESSOA, Mário Dias - Inventário Hidrogeológico do Nordeste Folha nº 18 - São Francisco-NE. Recife, SUDENE, Div. Documentação, 1977. 2v. p. il Mapa (in bolso) e nota explicativa. Brasil, SUDENE. Hidrogeologia.

PIAUI - SECRETARIA DE PLANEJAMENTO - Anuário Estatístico do Piauí, 1971. Fundação CEPRO, 1971. 382 p.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha; MANDEL FILHO, João & NEVES, Benjamin Bley B. Inventário Hidrogeológico do Nordeste. Programa e normas técnicas. Recife, SUDENE. Div. Documentação, 1969. 40p. Mapa tab. graf. Brasi. SUDENE. Hidrogeologia.

SILVA, Adelbani Braz da & SILVA, F.A.C. da - Inventário Hidrogeológico do Nordeste. Folha nº 05. Fortaleza-SO. Recife, SUDENE, Div. Documentação, 1970. 165 p. il. (Brasil SUDENE, Hidrogeologia, 27).

WISLER, C.O. & BRATER, E.F. Hidrologia. Rio de Janeiro, USAID, 1964.