

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

**PROJETO HIDROGEOLOGIA DO NORTE
DE MINAS GERAIS E SUL DA BAHIA**


RELATÓRIO FINAL - FOLHA

BRASÍLIA-SE

TEXTO
VOLUME I

Maurício dos Santos

PHL 13604

 CPRM	I 96	SUREMI SEDOTE
ARQUIVO TÉCNICO		
Relatório n.º	653 - S	
N.º de Volumes:	2	V.: 1
OSTENSIVO		



COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
DIRETORIA DA ÁREA DE PESQUISA
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

1977

PROJETO HIDROGEOLOGIA DO NORTE DE MINAS GERAIS E SUL DA BAHIA

RELATÓRIO FINAL - FOLHA BRASÍLIA-SE

Chefe do Projeto : *Floriano Garcia Costa*

Equipe Executora : *Hélio Carvalho de Miranda*
José Niuvo Vieira Teixeira
Júlio de Freitas Fernandes Vasques
Maurício dos Santos
Rubens Gilberto da Silva

Colaboração Especial : *Antonio de Souza Leal*
Egmont Capucci
Luiz Bernardo S. G. Lemos

PROJETO HIDROGEOLOGIA DO NORTE DE MINAS GERAIS E SUL DA BAHIA

RELATÓRIO FINAL — FOLHA BRASÍLIA — SE

ÍNDICE DOS VOLUMES

VOL. I — TEXTO :	Hidrogeologia da Folha Brasília - SE
VOL. II — ANEXOS :	Catálogo de Observações nos Postos Pluviométricos Catálogo de Observações nos Postos Fluviométricos Catálogo de Pontos d'Água Fichas de Sondagem Ensaio de Bombeamento Base Geológica Base Hidrológica Base Hidroquímica Base de Poços Base Piezométrica Base Potencial Explorável

S U M Á R I O

1.	RESUMO.....	1
2.	ABSTRACT.....	2
3.	INTRODUÇÃO.....	3
4.	ASPECTOS GERAIS.....	5
	4.1 Localização.....	5
	4.2 Climatologia.....	5
	4.2.1 Pluviometria.....	5
	4.2.2 Temperatura.....	6
	4.2.3 Insolação.....	7
	4.2.4 Evaporação e Evapotranspiração.....	7
	4.2.5 Índice de Aridez.....	11
	4.2.6 Umidade Relativa.....	12
	4.2.7 Ventos e Pressão Atmosférica.....	12
	4.2.8 Bioclimas.....	12
	4.2.9 Clima Segundo Köppen.....	13
	4.3 Morfologia.....	14
	4.4 Hidrologia de Superfície.....	16
	4.4.1 Generalidades.....	16
	4.4.2 Bacia do rio São Francisco.....	16
	4.4.3 Outras Bacias.....	18
	4.5 Vegetação e Solos.....	19
	4.5.1 Vegetação.....	19
	4.5.2 Solos.....	21
	4.6 Aspectos Sócio-Econômicos.....	22

4.6.1	População, Rebanho e Economia Regional..	22
4.6.2	Geologia Econômica.....	24
5.	GEOLOGIA.....	25
5.1	Generalidades.....	25
5.1.1	Comentários Gerais - Histórico.....	26
5.2	Associação Pré-Espinhaço.....	29
5.2.1	Associação Gnáissica-Migmatítica.....	31
5.3	Super Grupo Espinhaço.....	31
5.3.1	Grupo Espinhaço Inferior.....	31
5.3.2	Grupo Espinhaço Médio.....	32
5.3.3	Grupo Espinhaço Superior.....	32
5.4	Rochas Intrusivas Básicas.....	33
5.5	Complexo Granitóide.....	34
5.6	Super Grupo São Francisco.....	34
5.6.1	Grupo Macaúbas.....	34
5.6.2	Grupo Bambuí.....	36
5.6.2.1	Zona Cratônica.....	37
5.6.2.2	Zona Pericratônica.....	39
5.7	Formação Urucuia.....	39
5.8	Terciário-Quaternário - Coberturas - <u>Cob</u> tura Detrítica Laterítica.....	40
5.9	Aluviões.....	41
5.10	Tectônica.....	41
5.10.1	Estrutura Regional.....	41
6.	HIDROGEOLOGIA.....	44
6.1	Introdução.....	44

6.2 Água Subterrânea no Cristalino.....	45
6.2.1 Generalidades.....	45
6.2.2 Água Subterrânea na Associação Pré-Es pinhaço.....	46
6.2.2.1 Condições de Alimentação.....	48
6.2.2.2 Circulação e Exutórios.....	50
6.2.2.3 Reservas Disponíveis.....	51
6.2.3 Água Subterrânea no Super Grupo Espinha ço.....	51
6.2.3.1 Condições de Alimentação.....	52
6.2.3.2 Circulação e Exutórios.....	53
6.2.3.3 Características Dimensionais e Hidrodinâ micas.....	55
6.2.4 Água Subterrânea no Grupo Macaúbas.....	56
6.2.5 Demanda d'Água.....	57
6.2.5.1 Demanda para a População.....	57
6.2.5.2 Demanda para Rebanho e Aves.....	58
6.2.5.3 Demanda Total.....	59
6.3 Água Subterrânea no Grupo Bambuí.....	59
6.3.1 Alimentação.....	60
6.3.2 Profundidade das Águas.....	62
6.3.3 Escoamento das Águas Subterrâneas.....	63
6.3.4 Características Dimensionais e Hidrodinâ micas.....	65
6.3.5 Estimativa das Reservas de Água Subter rânea.....	67
6.3.5.1 Reservas Permanentes.....	67
6.3.5.2 Reservas Periódicas e Renováveis.....	68

6.3.6	Estimativa da Demanda.....	69
6.3.7	Condições de Exploração.....	71
6.4	Comportamento Hidrogeológico dos <u>Sedimen</u> <u>tos</u> Cretáceos, Terciário-Quaternário e Quaternários.....	72
6.4.1	Sedimentos Cretáceos.....	72
6.4.2	Sedimentos Terciário - Quaternários....	73
6.4.3	Aluviões Quaternários.....	73
7.	HIDROQUÍMICA.....	75
7.1	Introdução.....	75
7.2	Características Químicas das Águas Subter râneas.....	76
7.2.1	Substrato Cristalino.....	76
7.2.2	Grupo Bambuí.....	79
7.2.3	Formações Recentes.....	81
7.3	Qualidade das Águas para Consumo Humano e Animal.....	82
7.4	Qualidade das Águas para Irrigação.....	84
8.	CONCLUSÕES.....	88
9.	BIBLIOGRAFIA.....	91
	ANEXOS	
	Anexo I - Catálogo de observações nos <u>pos</u> tos pluviométricos	
	Anexo II - Catálogo de observações nos <u>pos</u> tos flúviométricos,	
	Anexo III - Catálogo de pontos d'água	

Anexo IV - Fichas de sondagem

Anexo V - Ensaio de bombeamento

Anexo VI - Bases

- Geológica
- Hidrológica
- Hidroquímica
- De poços
- Piezométrica
- Potencial explorável

1. RESUMO

O presente relatório refere-se a estudos hidrogeológicos realizados na folha Brasília-SE (SD-23-Z) correspondente à folha 31 do Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste (SUDENE), compreendida entre os paralelos 14° e 16° S e os meridianos 42° e 45° W de Gr. Foram inventariados 841 pontos d'água, sendo 669 poços tubulares, 102 poços manuais e 70 fontes, e utilizados dados de 15 testes de bombeamento, executados pela CERB, COPASA e CPRM. A transmissibilidade variou de $1,08 \times 10^{-3}$ a $6,4 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, cujos valores aumentam de norte para sul no aquífero da Formação Paraopeba, do Grupo Bambuí. Predominam as águas do grupo bicarbonatadas cálcicas (67%), sobressaindo as bicarbonatadas calco-sódicas, calco-magnesianas e magnesianas. O segundo grupo mais importante é o das cloretadas. A Formação Paraopeba abrange 1/3 da superfície de 71.500 km^2 da área em estudo, tendo sido avaliada a reserva permanente como sendo de $1,0 \times 10^9 \text{ m}^3$ e reserva explorável de $195.10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$. O potencial explorável é fraco a muito fraco para as regiões de embasamento cristalino, Super Grupo Espinhaço, Grupo Macaúbas, Formação Urucuia, cobertura Terciário-Quaternária e Quaternário; médio a fraco para o aquífero da Formação Paraopeba e elevado a muito elevado para as aluviões do rio São Francisco.

2. ABSTRACT

This report accounts for hydrogeologic activities referring to the Brasilia-SE Sheet area, SE-23-Z, or 31th Sheet, of the North-Eastern Hydrogeologic Basic Inventory (SUDENE), confined within the 14° and 16° S parallels and 42° and 45° Gr. W meridians. 841 water points have been inventoried - 699 driven wells, 102 handy wells, and 70 water sources - and data of 15 pumping tests conducted by CERB, COPASA and CPRM have been employed. Ranging of transmissivity was from $1,08 \times 10^{-3}$ to $6,14 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, with these values increasing North-Southwardly for the Paraopeba Formation aquifer of Bambui Group. It predominates the calcic-bicarbonated group of waters (67%) with a major occurrence of calcic-sodic, calcic-magnesian and magnesian followed by the water chloride group. Paraopeba Formation covers 1/3 of the 71.500 km^2 researched area with estimated permanent and yearly exploitable reserves of the order of $1,0 \times 10^9 \text{ m}^3$ and $195.10^6 \text{ m}^3/\text{year}$ respectively. The exploitable potential is low to very low for the Basal Complex region, Espinhaço Super Group and Macaúbas Group, Urucuia Formation, Terciary-Quaternary and Quaternary mantle; medium to low for the Paraopeba Formation aquifer and high to very high for São Francisco river alluvia.

3. INTRODUÇÃO

O Projeto Hidrogeologia do Norte de Minas Gerais e Sul da Bahia, resultou do convênio celebrado entre o Departamento Nacional da Produção Mineral e a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, visando completar o Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste no extremo sul do "Polígono das Secas", dotando a área dos elementos hidrogeológicos básicos indispensáveis como suporte a programas integrados de desenvolvimento, assim como, assegurar uma cooperação técnica entre o DNPM e a SUDENE.

O presente relatório se refere à folha 31, ou Brasília-SE (SD-23-Z), cuja área aproximada é de 71.500 km², delimitada pelos paralelos 14° e 16°S e os meridianos 42° e 45° W Gr., (Fig 3.1) que abrange 4 (quatro) bacias hidrográficas principais, destacando-se entre elas a do São Francisco que ocupa cerca de 70% da folha.

Sua geologia tem sido motivo de estudo, ao longo dos anos, por vários autores, destacando-se Derby (1906), Harder e Chamberlin (1915), Guimarães (1931), Freyberg (1932), Barbosa (1934), Branco e Costa (1960) entre outros. Neste trabalho a geologia utilizada é o resultado de um resumo do relatório final do Projeto Leste do Tocantins/Oeste do Rio São Francisco, executado pela PROSPEC para o convênio CPRM/DNPM.

No que diz respeito à hidrogeologia, são conhecidos estudos apenas nas regiões de Montes Claros e Jaíba, embora centenas de poços tubulares tenham sido perfurados para abastecimento de fazendas e pequenas

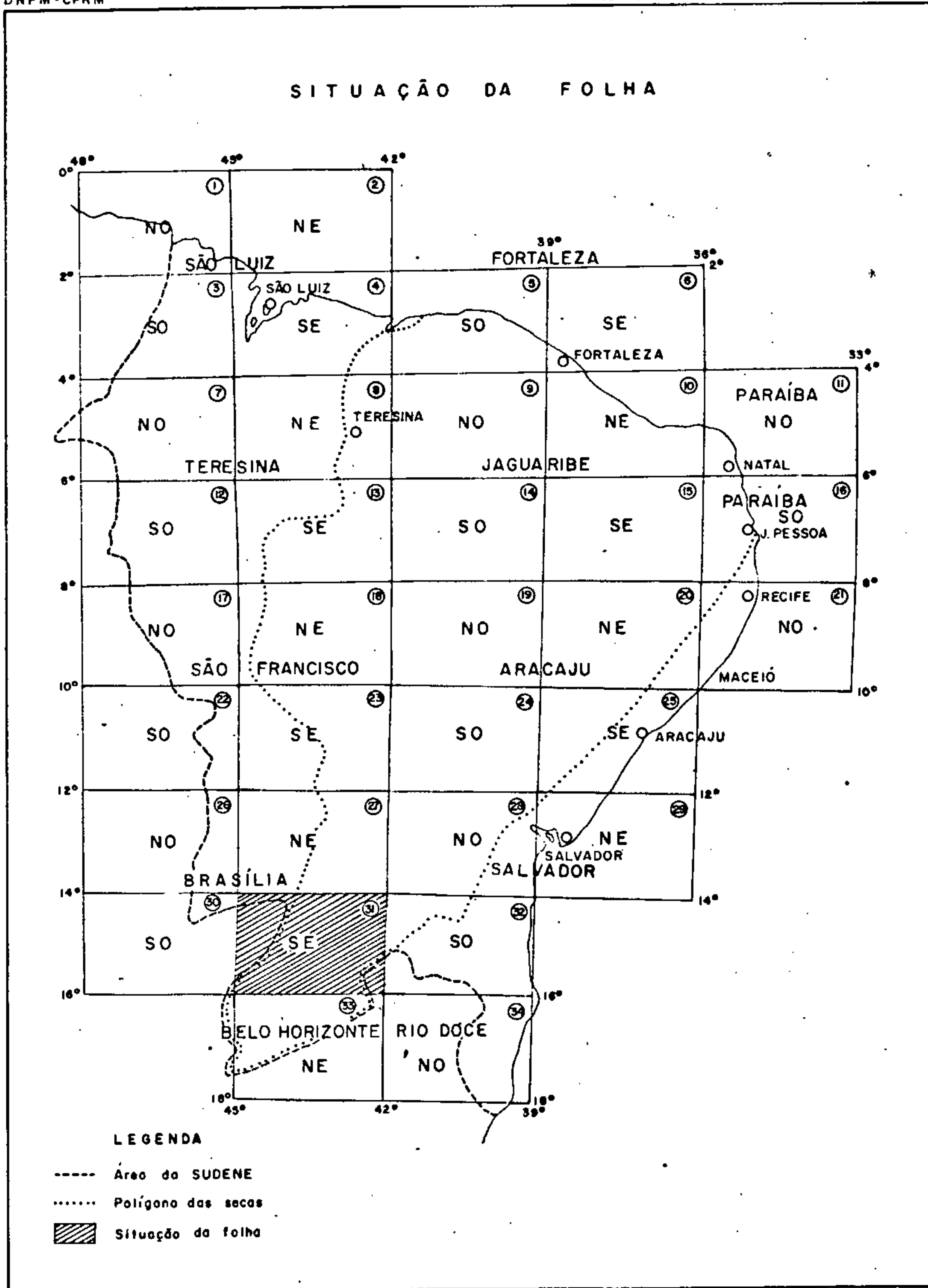


FIG. 3.1.

comunidades.

Para se chegar à elaboração do presente relatório foram necessárias várias fases de trabalhos, constantes em essência, de: obtenção e tratamento da documentação básica sobre a geologia, climatologia, hidrogeologia etc; inventário dos pontos d'água; nivelamento de uma rede de pontos selecionados; checagem da geologia em pontos duvidosos; coleta e análise química de água; ensaios de bombeamento, processamento e interpretação dos dados obtidos.

Em síntese, foram inventariados 841 pontos d'água, sendo 660 poços tubulares, 102 poços escavados e 70 fontes. Na determinação das características hidrodinâmicas utilizaram-se dados de 14 testes de aquíferos realizados pela CERB, COPASA e CPRM.

Além das bases que compõem o mapa hidrogeológico na escala 1:500.000 (geologia, potencial explorável, piezometria, hidrologia, hidroquímica e poços), constam ainda em anexo: catálogos de pontos d'água, fluviométrico e pluviométrico; fichas de sondagem e os dados sobre os testes de bombeamento.

4. ASPECTOS GERAIS

4.1 Localização

A folha 31 está compreendida entre os paralelos 14° a 16° de latitude sul e os meridianos de 42° a 45° de longitude oeste de "Greenwich". Abrange uma área de 71.500 km^2 aproximadamente, englobando partes dos Estados de Minas Gerais e da Bahia. (Fig. 4.1)

4.2 Climatologia

A análise dos principais parâmetros climáticos foi realizada com base nas normais climatológicas das estações de São Francisco (período de 1913 a 1917 e 1961 a 1973) e Caetité (período de 1931 a 1960). As demais estações constam somente dados de pluviometria, sendo que 4 delas apresentam também dados referentes à temperatura.

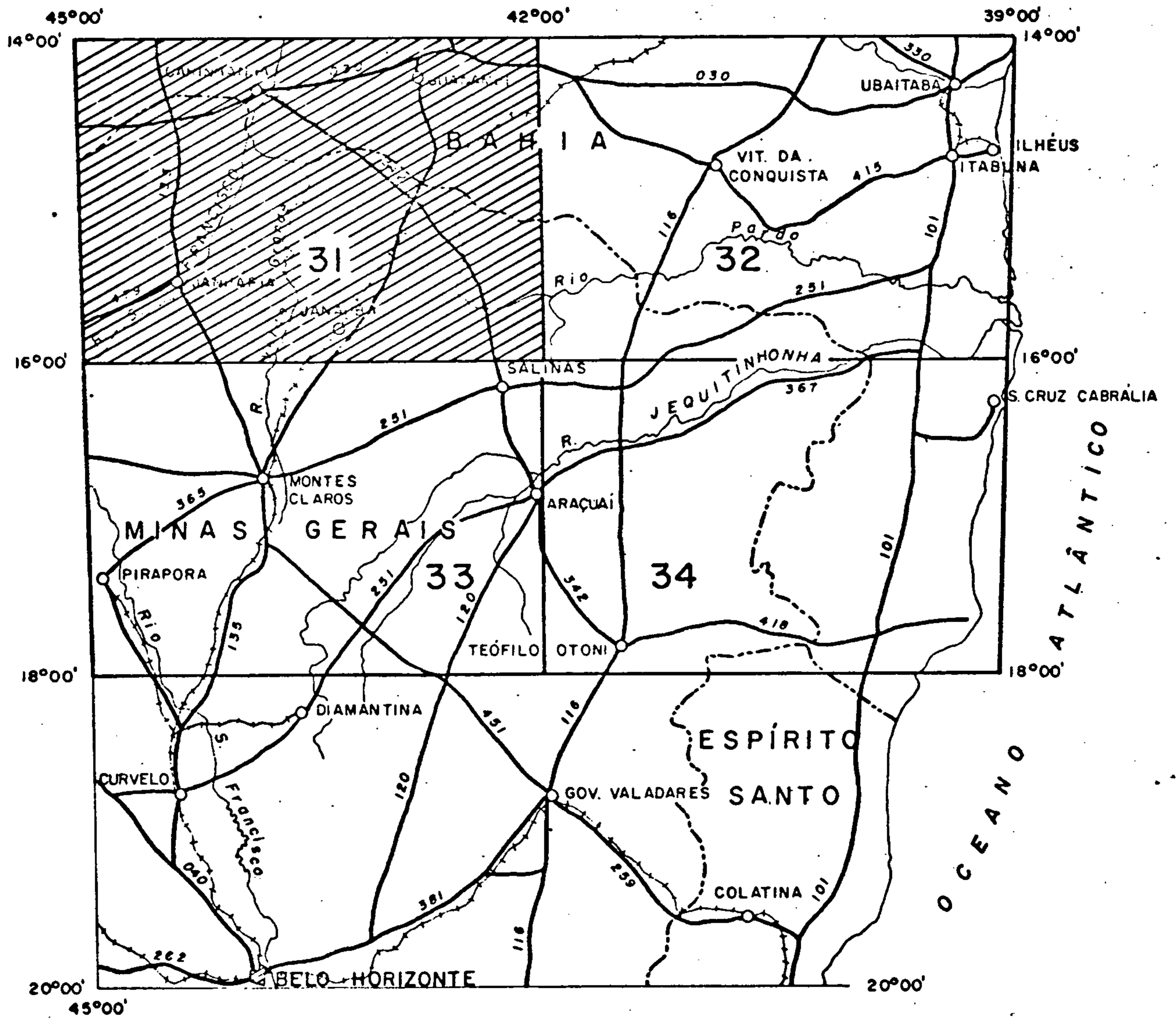
A área da folha BRASÍLIA-SE caracteriza-se por uma distribuição irregular das chuvas, elevada evapotranspiração e períodos secos prolongados, o que a situa em parte no "Polígono das Secas".

Os dados pluviométricos, sua distribuição e as temperaturas caracterizam os diversos tipos de clima e índice de aridez da região.

4.2.1 Pluviometria

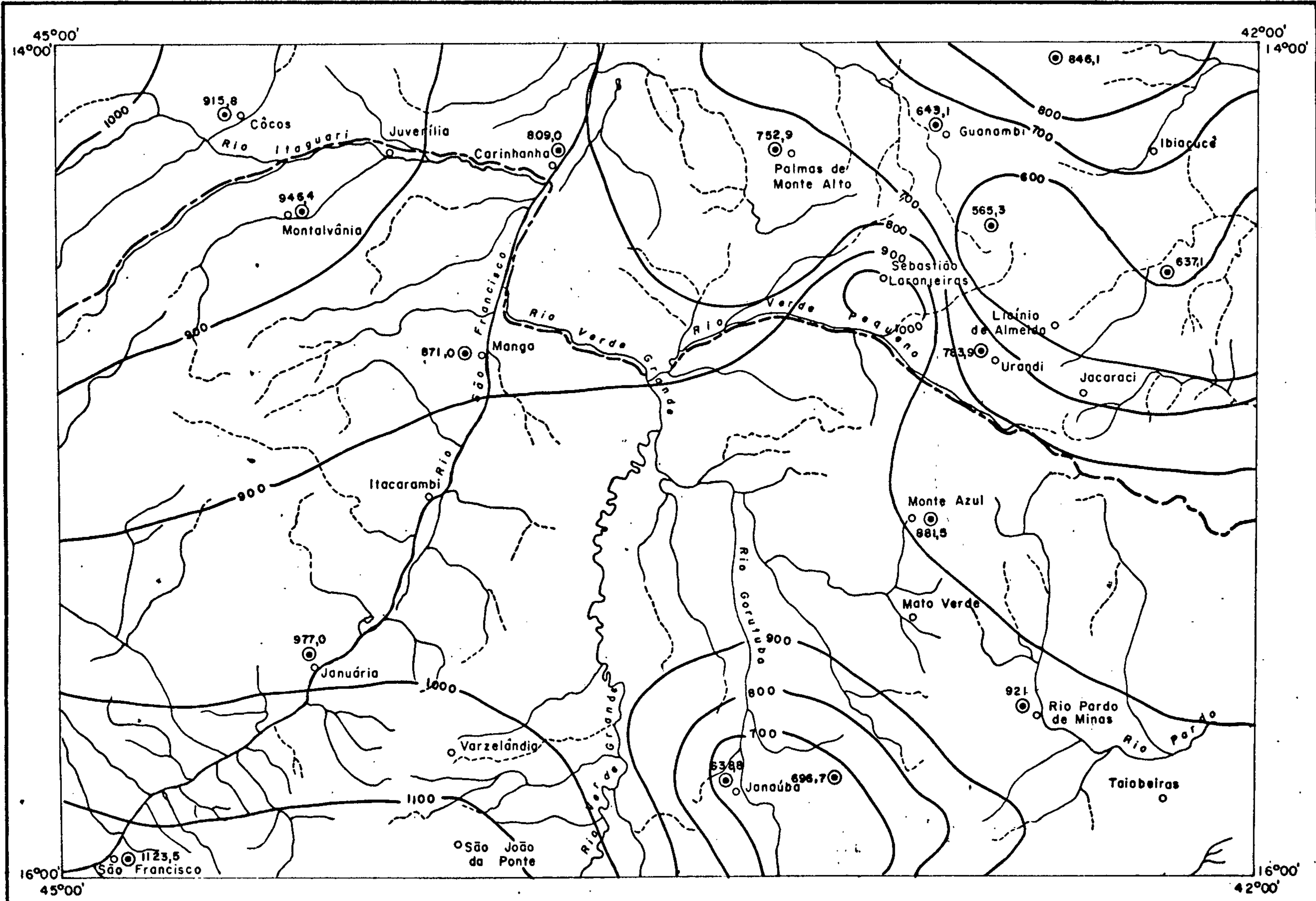
O mapa de isoietas médias anuais (fig. 4.2) foi

MAPA DE LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO



ESCALA GRÁFICA

FIG. 4.1.



ISOIETAS MÉDIAS ANUAIS
 "DADOS IN NATURA"
 1911 — 1971



ESC. GRÁFICA

LEGENDA

- - Cidade
- (solid line) - Drenagem permanente
- - - (dashed line) - Drenagem intermitente

- (solid line) - Curva de isoietas e seu valor
- ⊙ - Estação pluviométrica
- 981,5 - Valor da pluviometria na estação indicada

FIG. 4.2.

elaborado a partir do mapa homônimo do DNOCS(1912-1958), com pequenas modificações introduzidas por dados de outras fontes(SUDENE, DNER, DER, MA, DNAEE, SUVALE).O mapa mostra menor pluviosidade a nordeste, em Pindaí e Licínio de Almeida, abaixo de 600mm anuais, e a sudeste, entre Januária e Porteirinha, abaixo dos 700mm. Ao longo do São Francisco, a precipitação aumenta de NE para SW desde valores anuais médios de 800 mm ao N de Carinhanha a mais de 1.100 mm em São Francisco e São João da Ponte. Outra região anômala é a de Sebastião Laranjeiras, a nordeste da folha, com média anual superior a 1.000 mm é uma região de topografia suave e grande quantidade de lagoas.

O quadro 4.1 dá os valores obtidos na precipitação para as diversas estações pluviométricas da folha no período de 1910 a 1972, com interrupções que são mostradas no catálogo de períodos de observações pluviométricas (anexo I).

Por toda a área, os meses de menor precipitação são junho, julho e agosto, e os de maior são novembro, dezembro e janeiro, como mostram os histogramas das figs. 4.3. a 4.6. O regime pluviométrico é o mesmo em toda a área, com chuvas de verão.

4.2.2 Temperatura

Os dados de temperatura são os mais incompletos entre os parâmetros climáticos. Somente existem informações por longos períodos nas estações de Januária, São Francisco, Manga e Caetité, cujos dados podem ser extrapolados para toda área, refletindo o comportamento térmico da mesma, tendo em vista que essas estações representam os

QUADRO 4.1 - PLUVIOMETRIA MÉDIA

LOCALIDADE	MESES												TOTAL
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
CACULÉ	85,5	69,8	68,9	47,2	12,7	2,9	1,6	2,3	9,2	32,2	141,4	163,4	637,1
CAETITÉ	124,0	108,6	101,9	59,2	17,0	8,3	9,9	9,0	16,2	62,7	156,6	173,3	846,7
CARINHANHA	139,1	91,9	105,6	50,9	5,1	0,1	1,6	1,6	11,3	62,7	149,6	189,6	809,0
CÓCOS	160,3	102,7	111,2	59,6	10,4	0,0	0,8	1,4	9,4	72,2	155,6	232,2	915,8
GUANAMBI	114,4	71,2	81,0	41,0	10,6	0,0	0,0	0,2	7,1	25,9	136,4	155,3	643,1
JANAÚBA	86,9	17,9	62,7	42,1	0,0	0,0	0,3	0,0	13,0	102,6	205,6	107,7	638,8
JANUÁRIA	168,0	133,4	115,3	50,7	12,3	1,3	1,2	3,3	18,7	69,4	174,4	229,0	977,0
MANÁ	138,7	105,7	105,5	51,4	8,4	0,3	0,4	3,2	18,9	58,9	173,6	206,0	871,0
MONTALVÂNIA	184,1	117,1	103,8	50,3	5,5	0,9	2,5	0,6	11,4	58,8	184,9	226,5	946,4
MONTE AZUL	105,8	62,0	144,1	57,5	8,7	1,1	0,0	4,8	27,8	64,2	149,9	255,6	881,5
PALMAS DE M.ALTO	120,2	110,7	89,1	49,3	7,5	0,4	1,0	3,6	10,5	41,2	137,9	181,5	752,9
PINDAÍ	105,2	69,3	42,3	27,9	5,8	0,5	3,8	6,3	7,7	24,1	115,5	156,5	565,3
PORTEIRINHA	136,6	72,7	85,3	19,8	7,7	3,6	1,4	3,4	20,2	34,4	146,8	164,8	696,7
SÃO FRANCISCO	209,1	143,6	137,4	60,0	15,3	2,9	2,4	3,6	20,1	86,1	187,2	255,8	1123,5
URANDI	136,2	91,0	86,1	43,0	7,3	0,0	0,6	2,3	10,3	41,9	158,4	206,8	783,9

Período: 1910 a 1972 (o/interrupção)

FONTES: SUDENE, DNOCS, DNER
 SUVALE, DNAEE
 MINISTÉRIO DA AGRICULTURA

HISTOGRAMA DE PLUVIOMETRIA - MÉDIA MENSAL (mm).

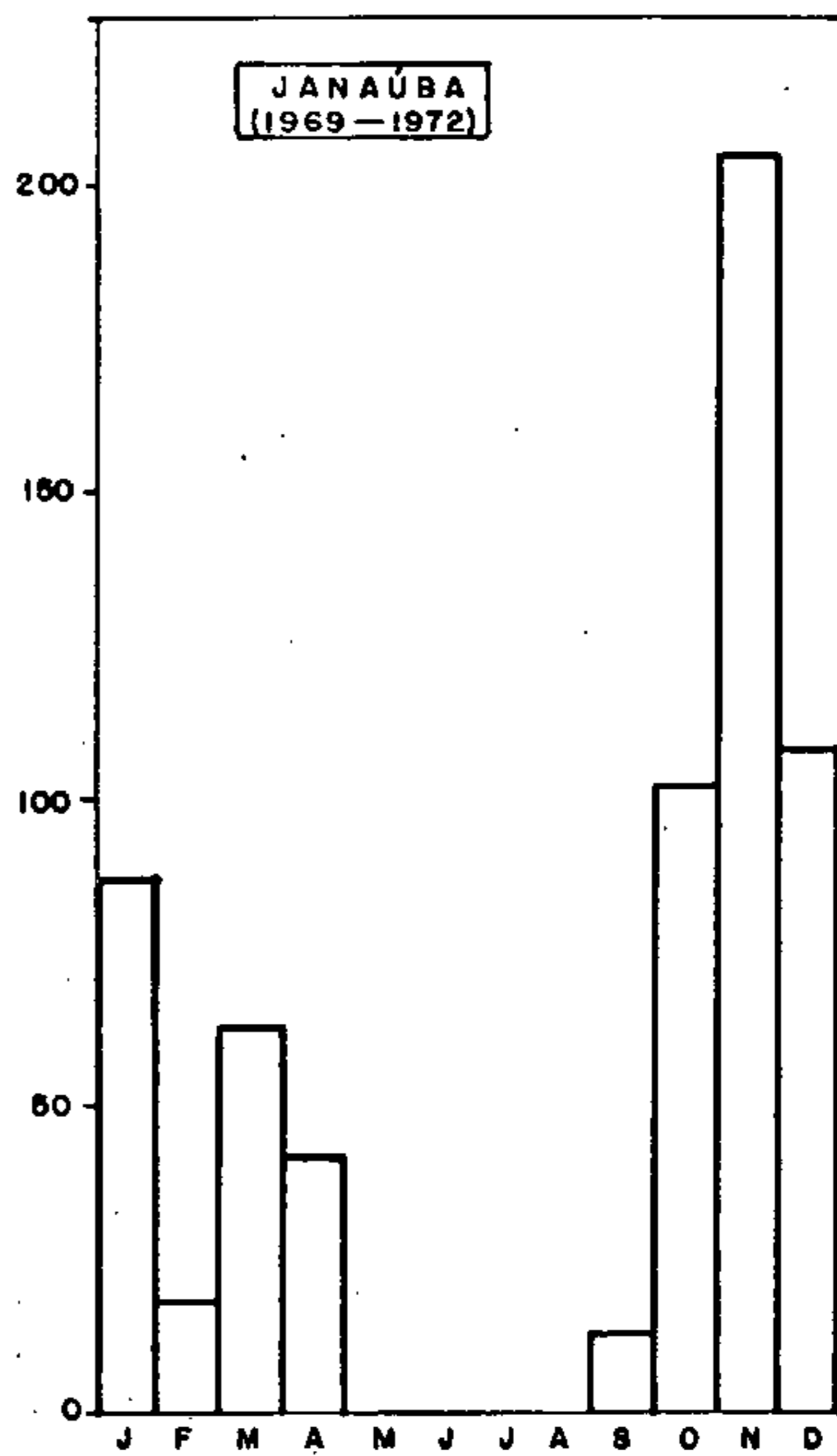
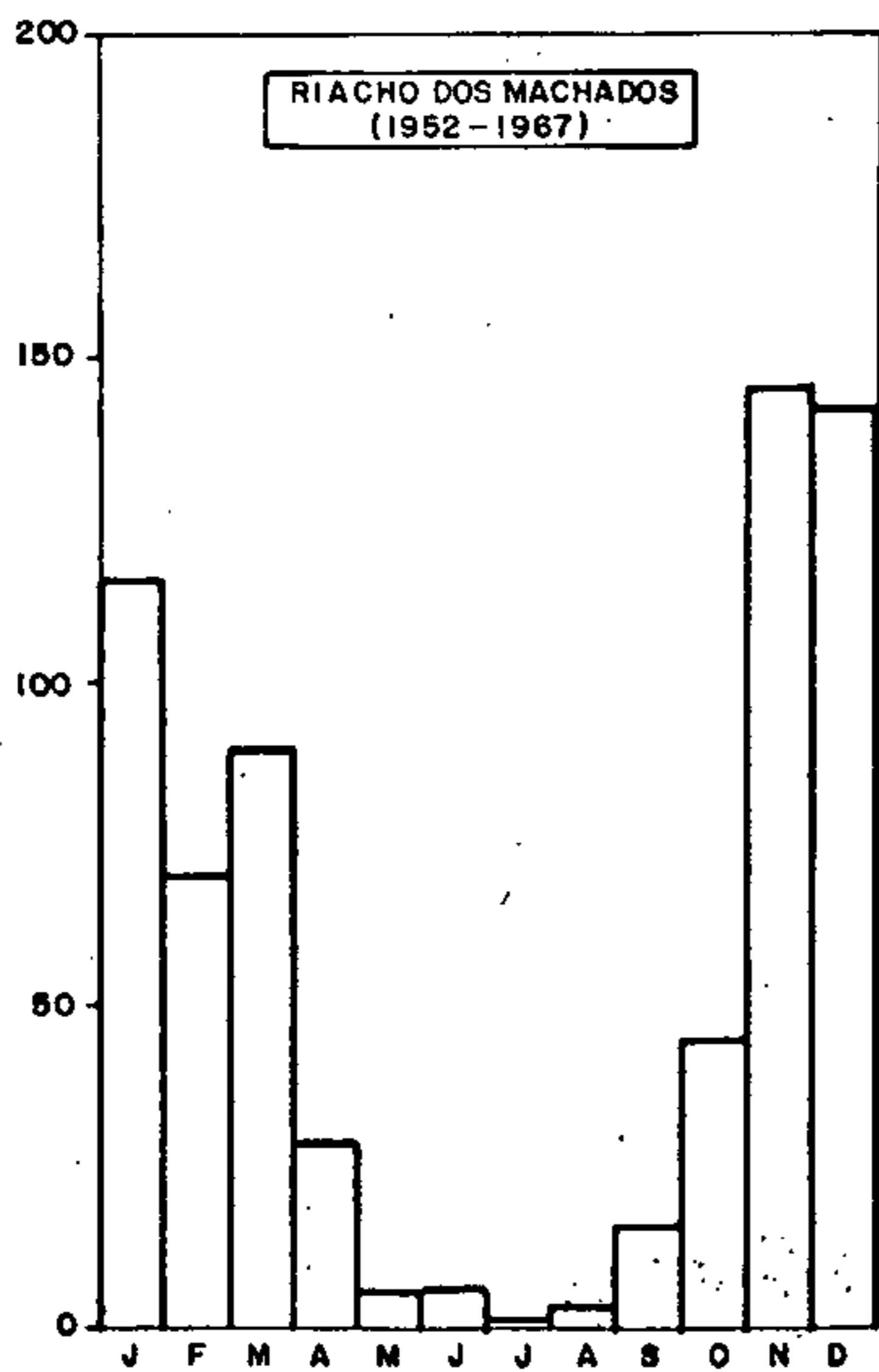
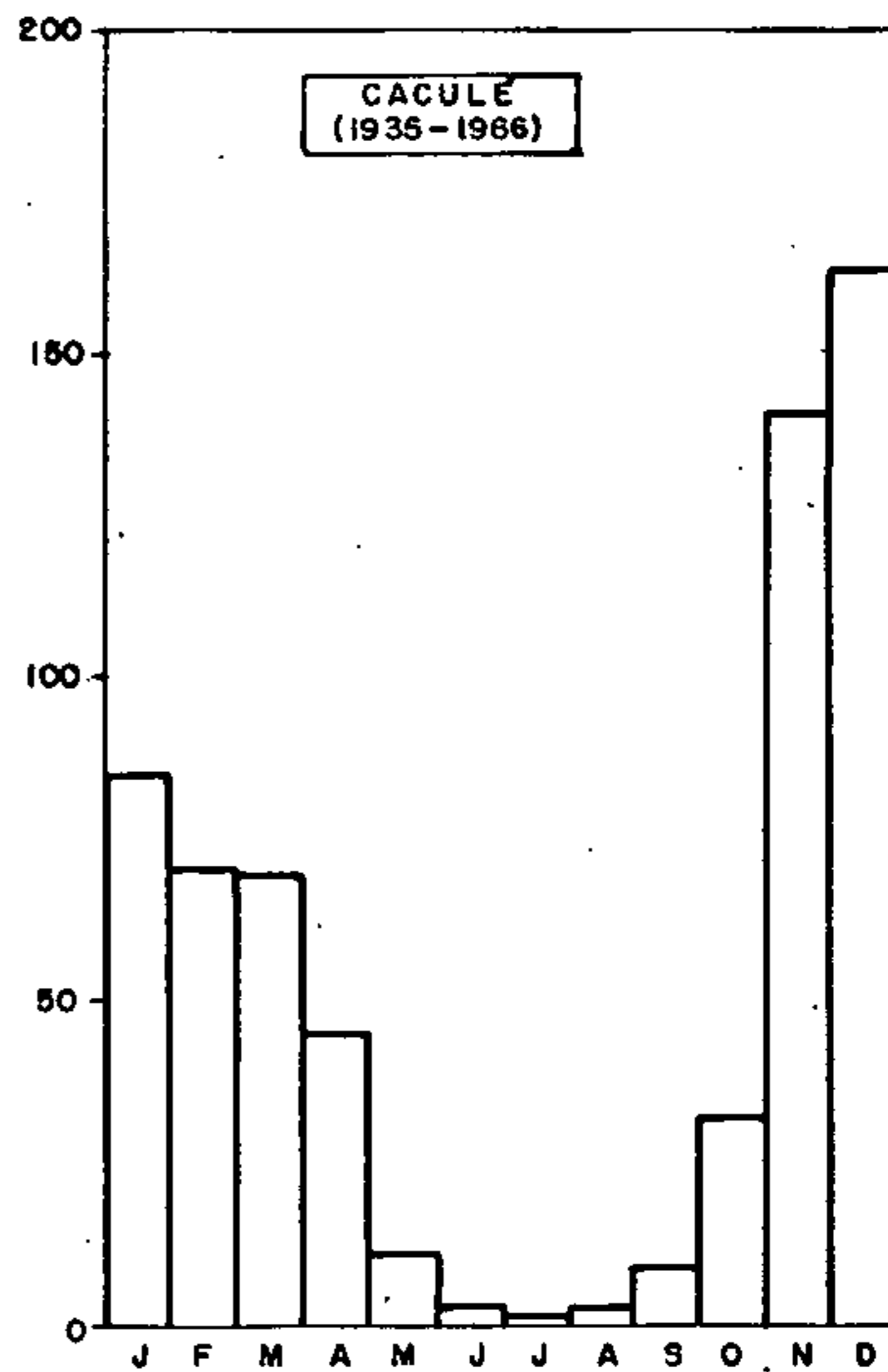
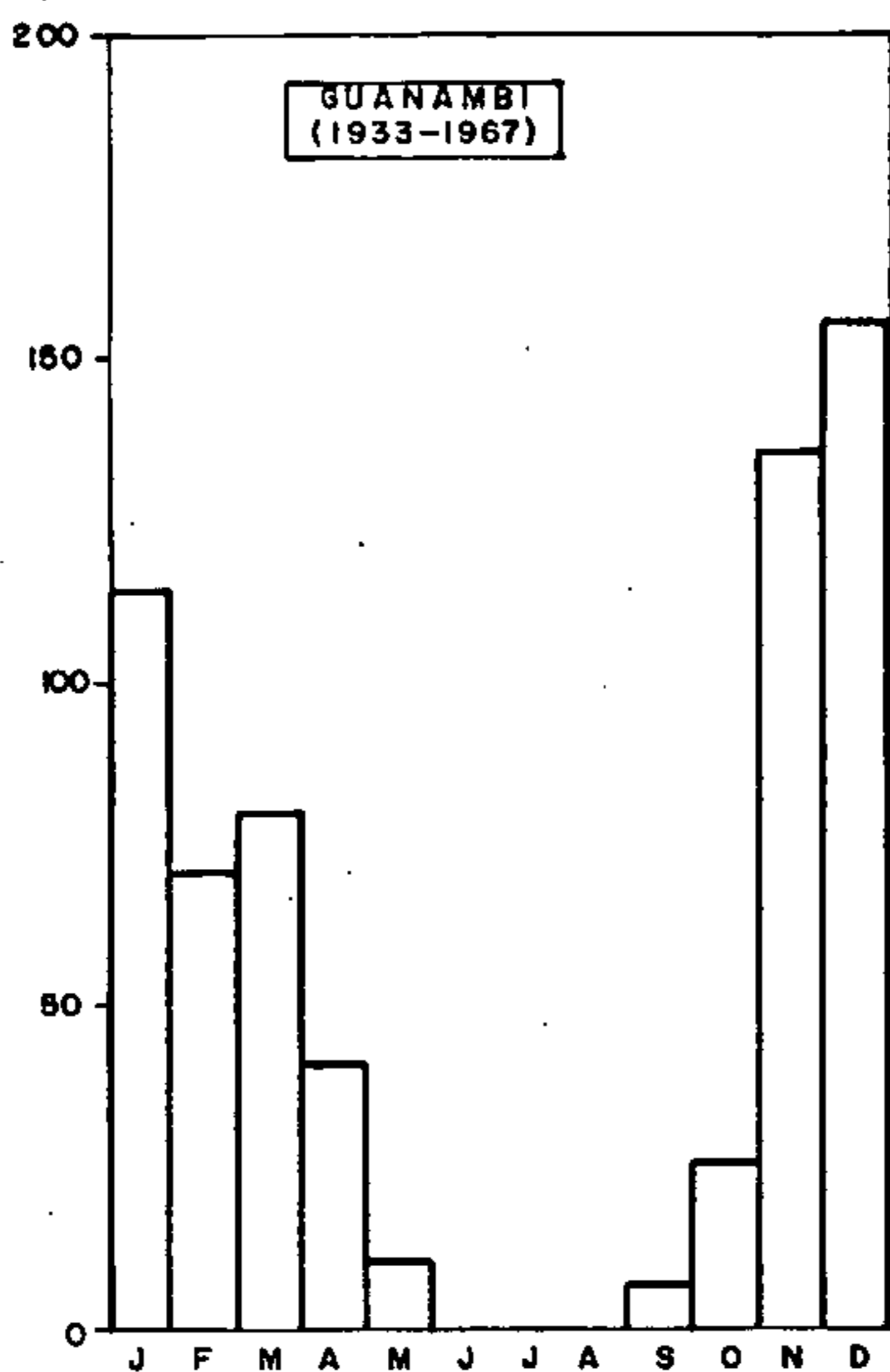


FIG. 4.3.

HISTOGRAMA DE PLUVIOMETRIA MÉDIA MENSAL (mm).

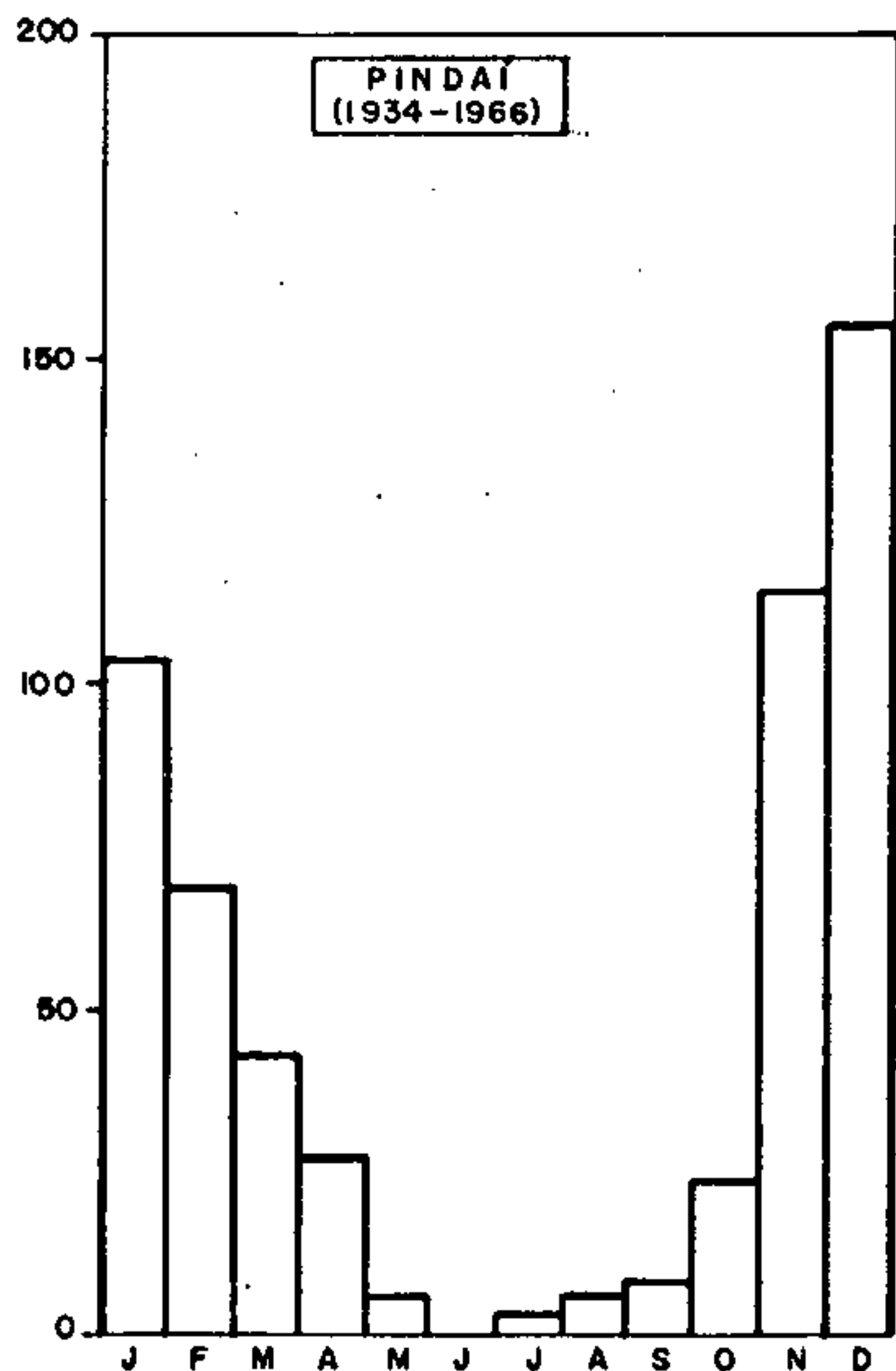
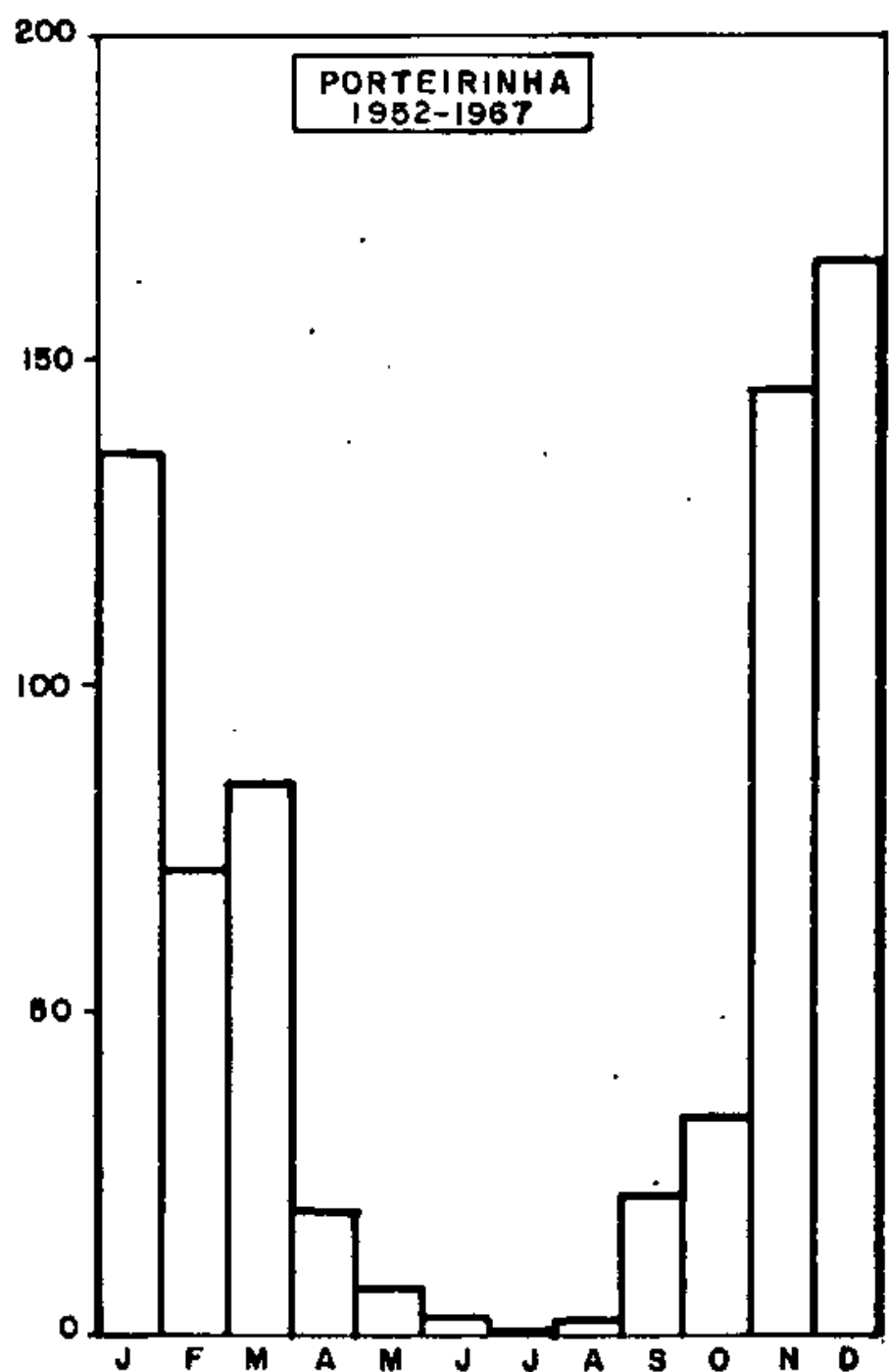
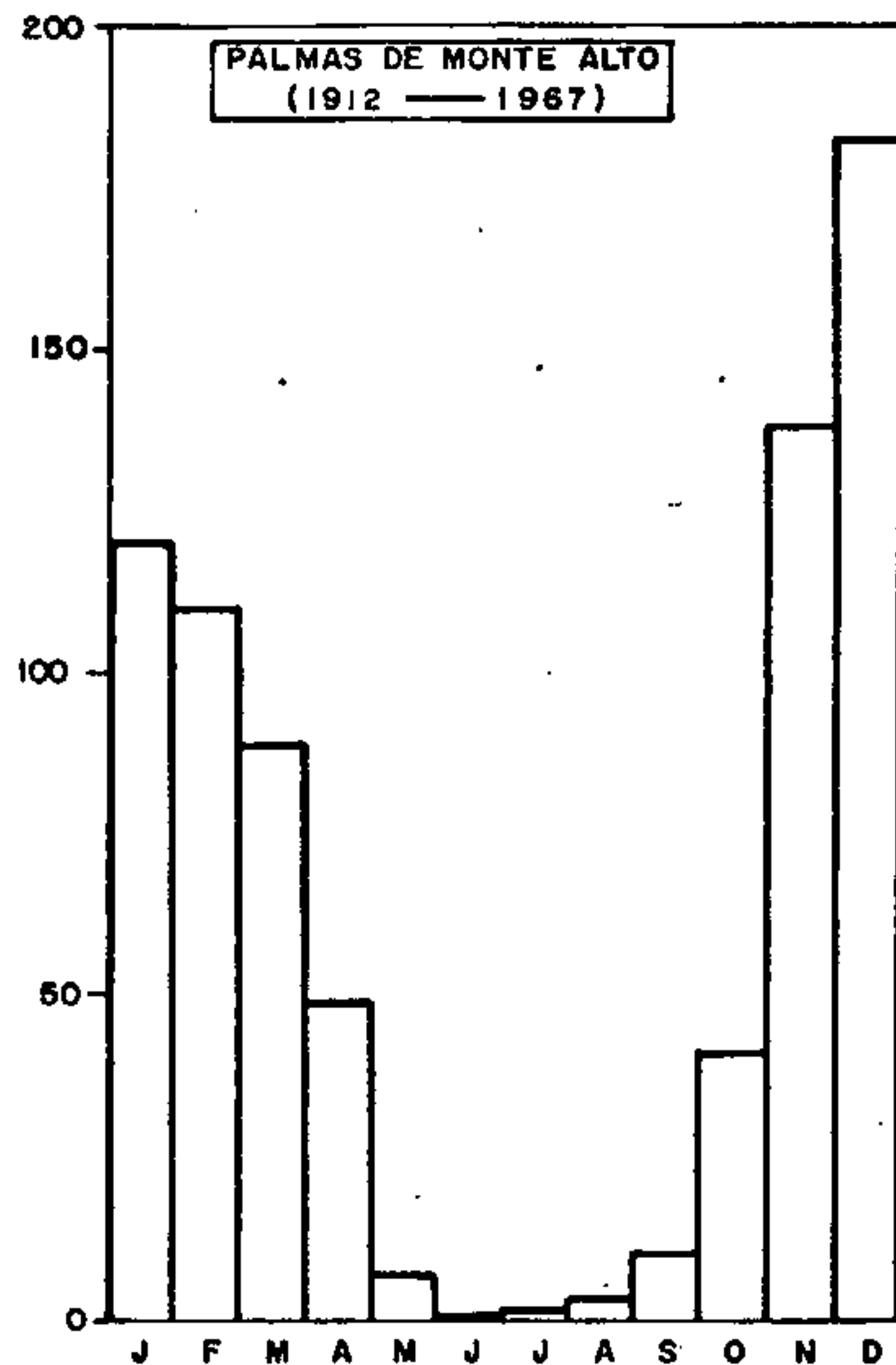
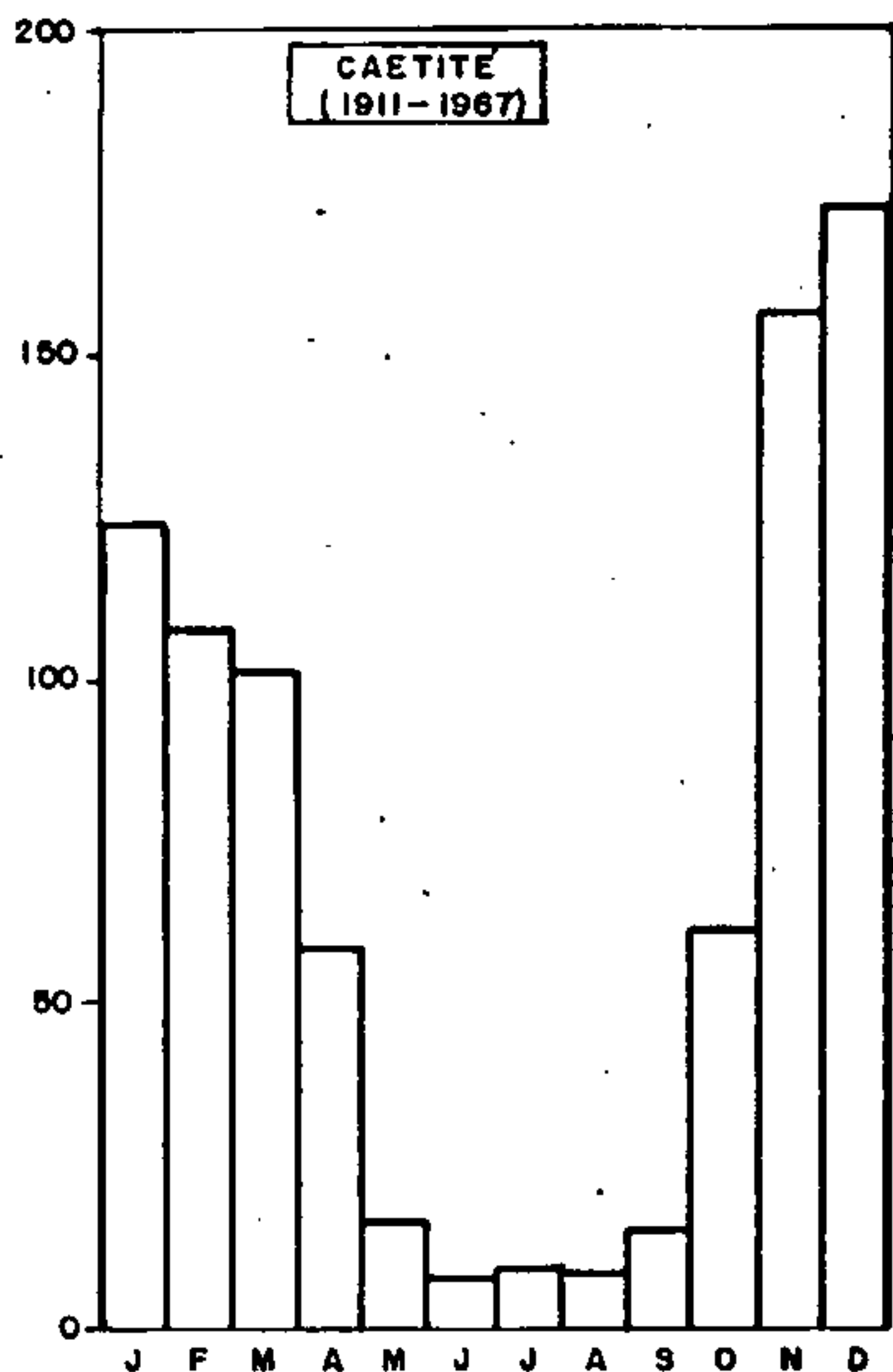


FIG. 4.4.

HISTOGRAMA DE PLUVIOMETRIA - MÉDIA MENSAL (mm).

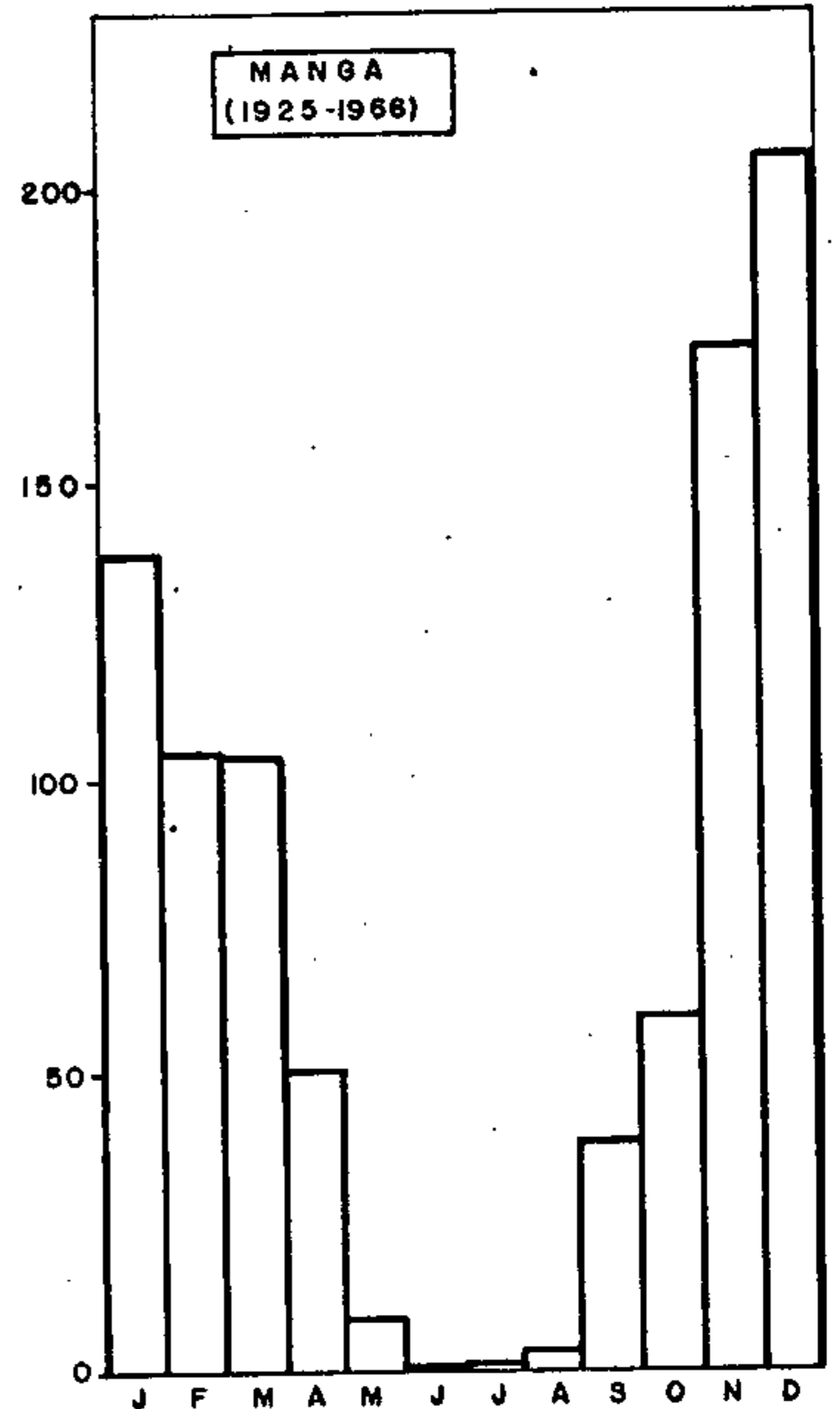
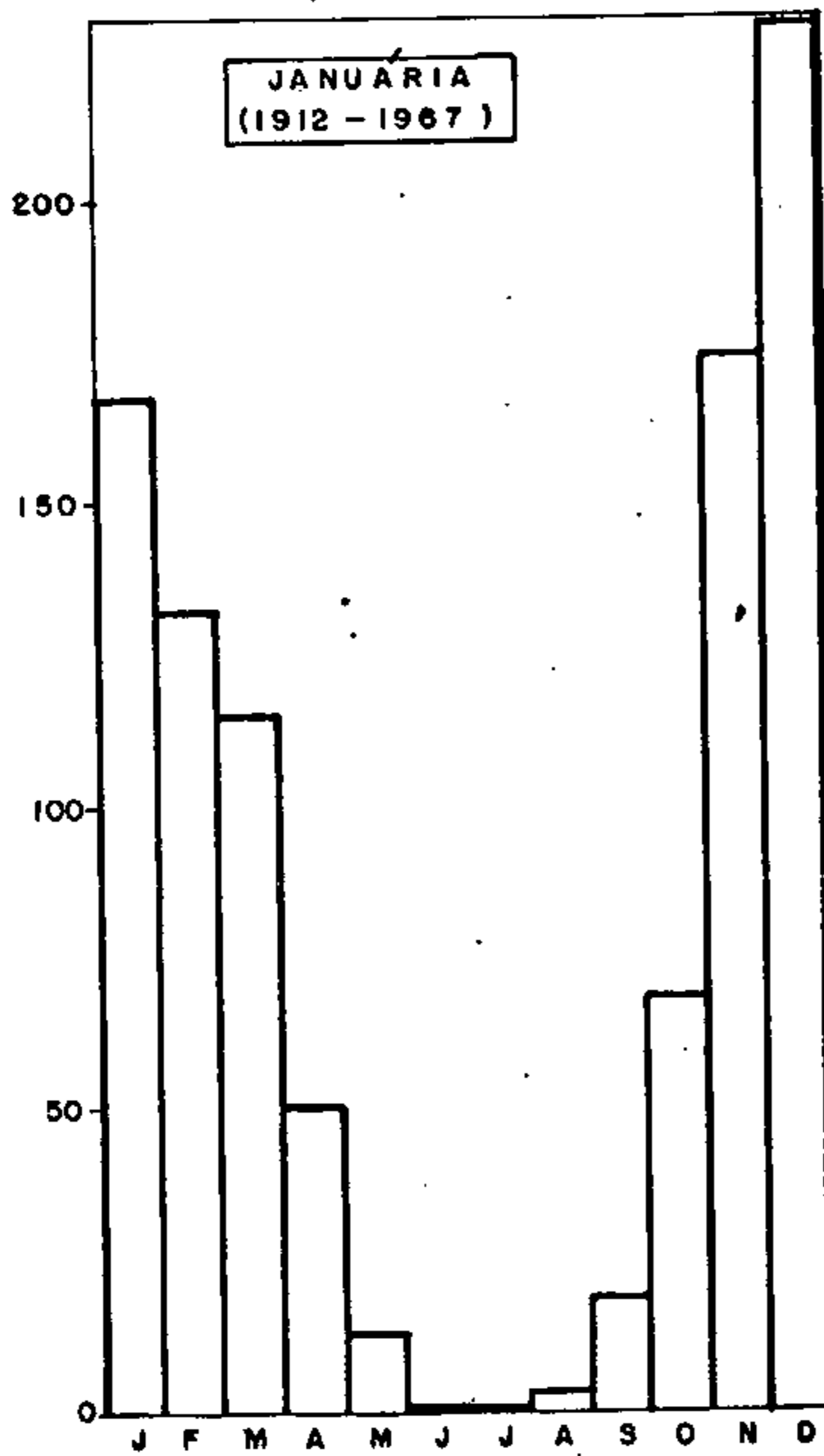
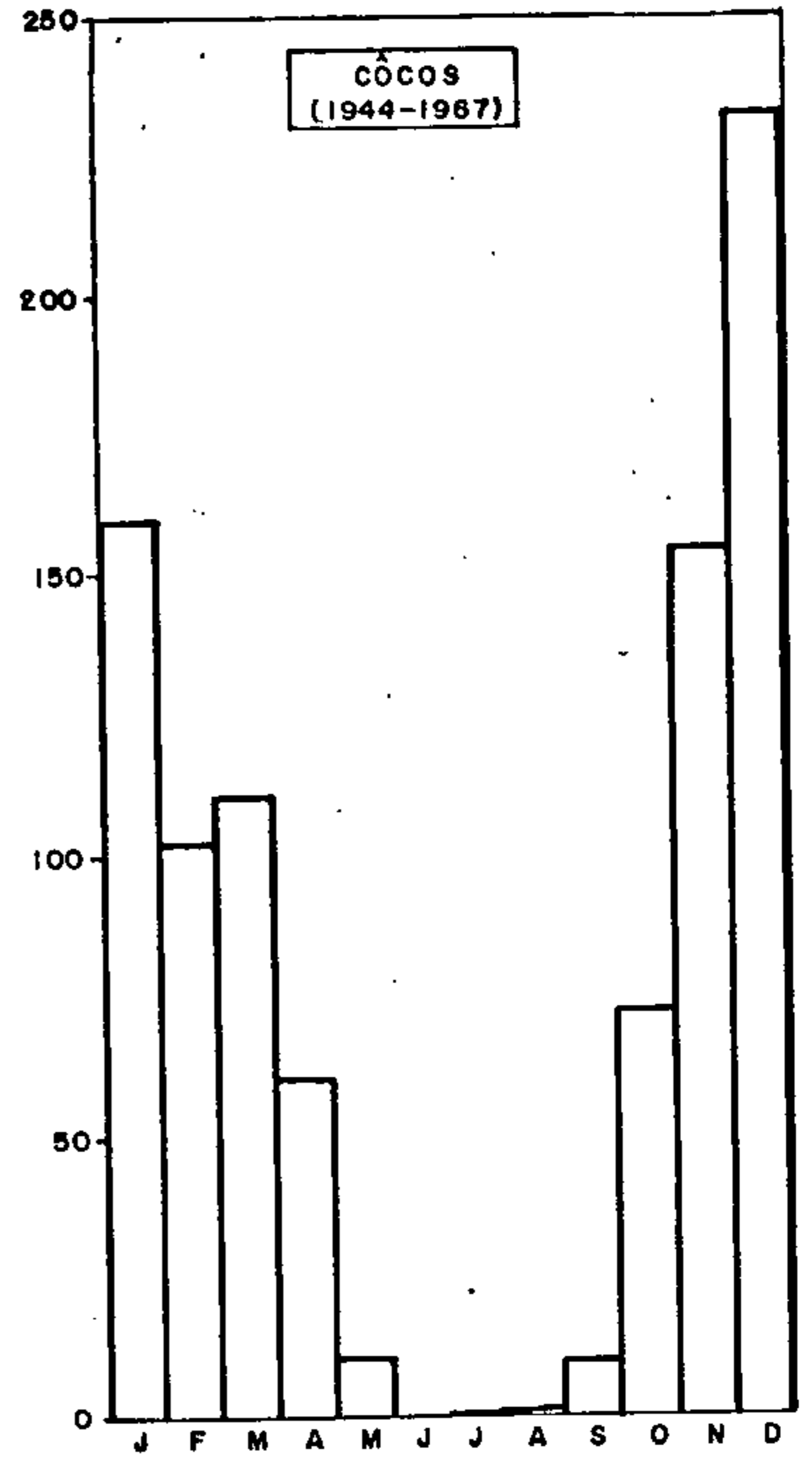
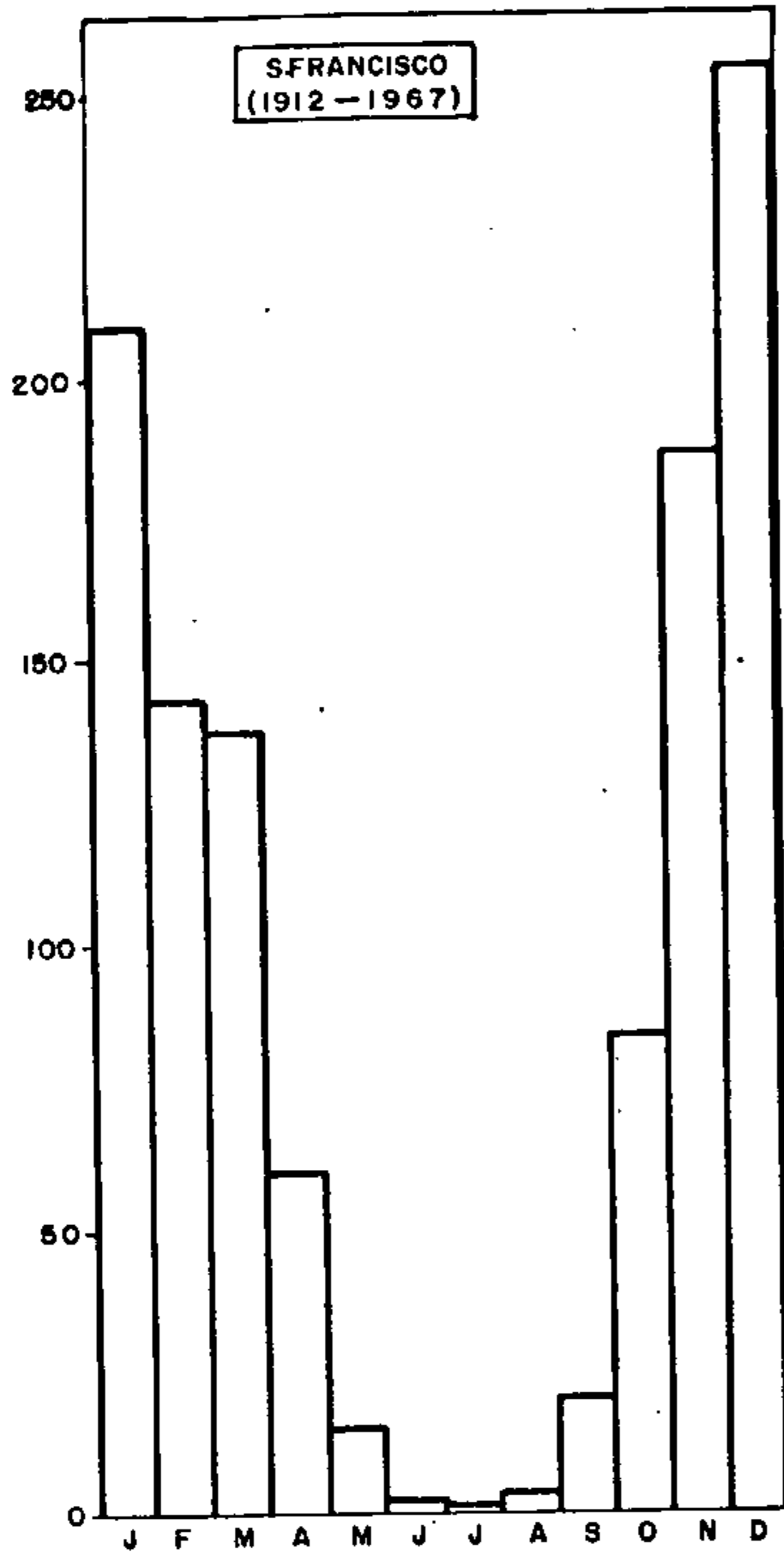


FIG. 4.5.

HISTOGRAMA DE PLUVIOMETRIA - MÉDIA MENSAL (mm).

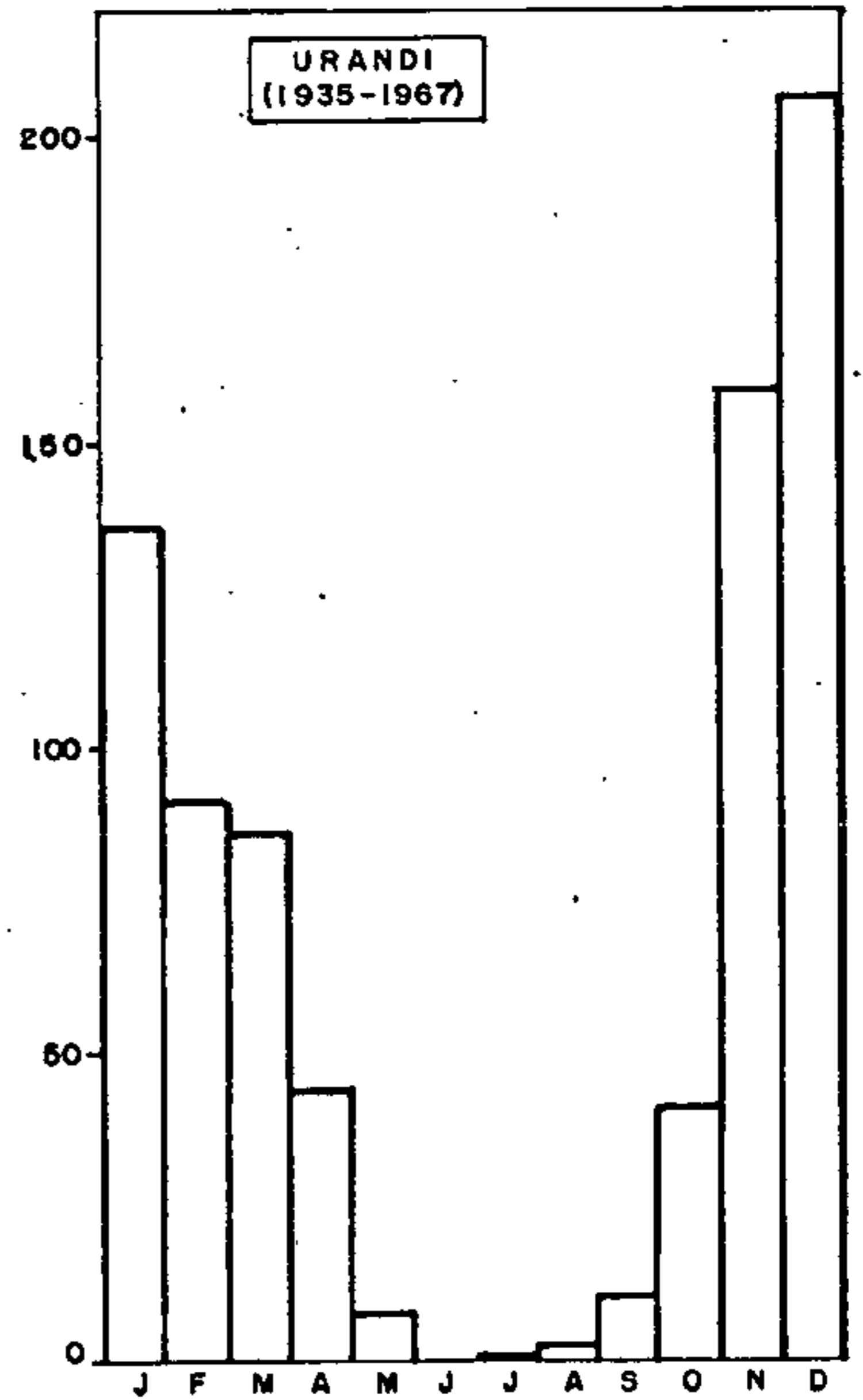
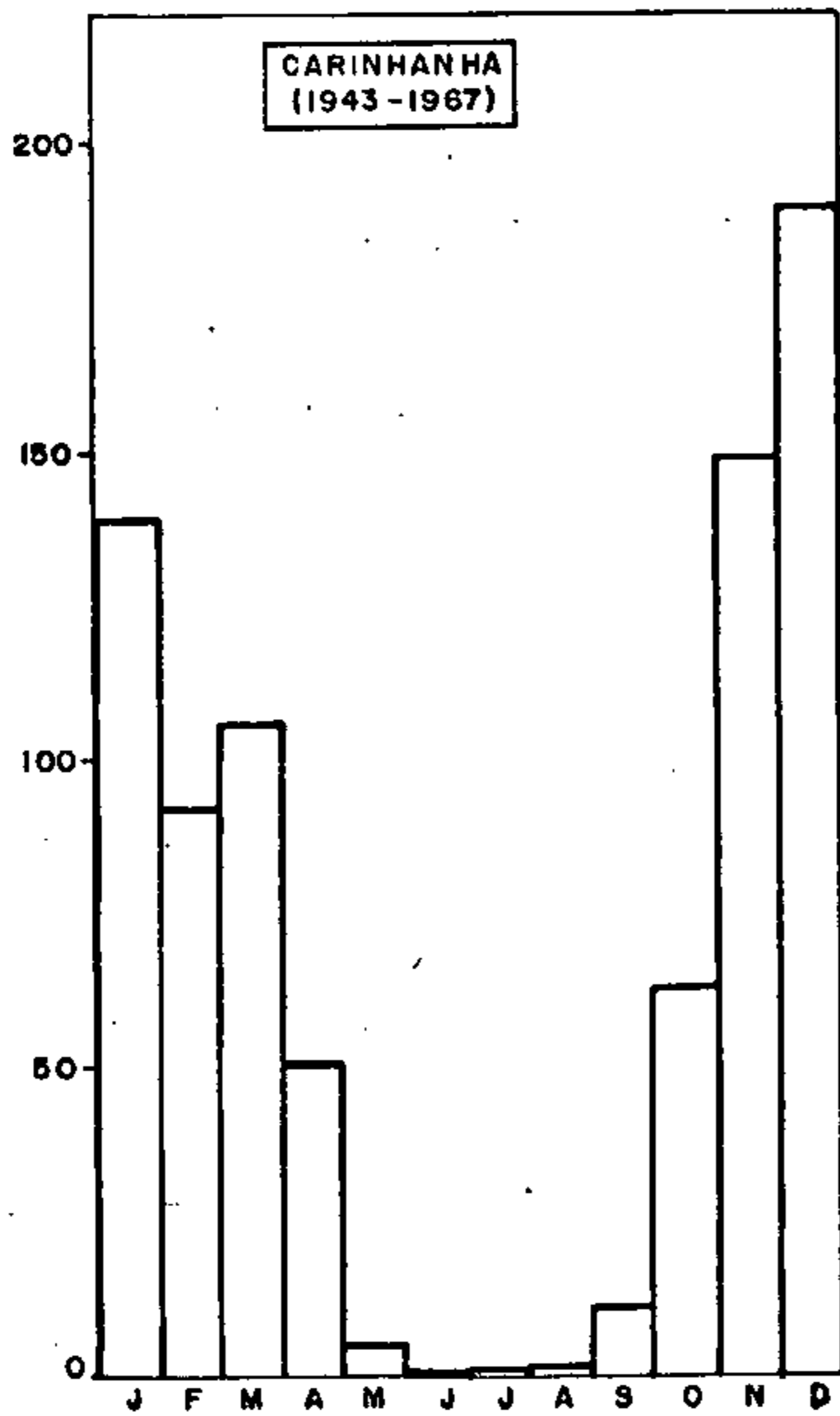
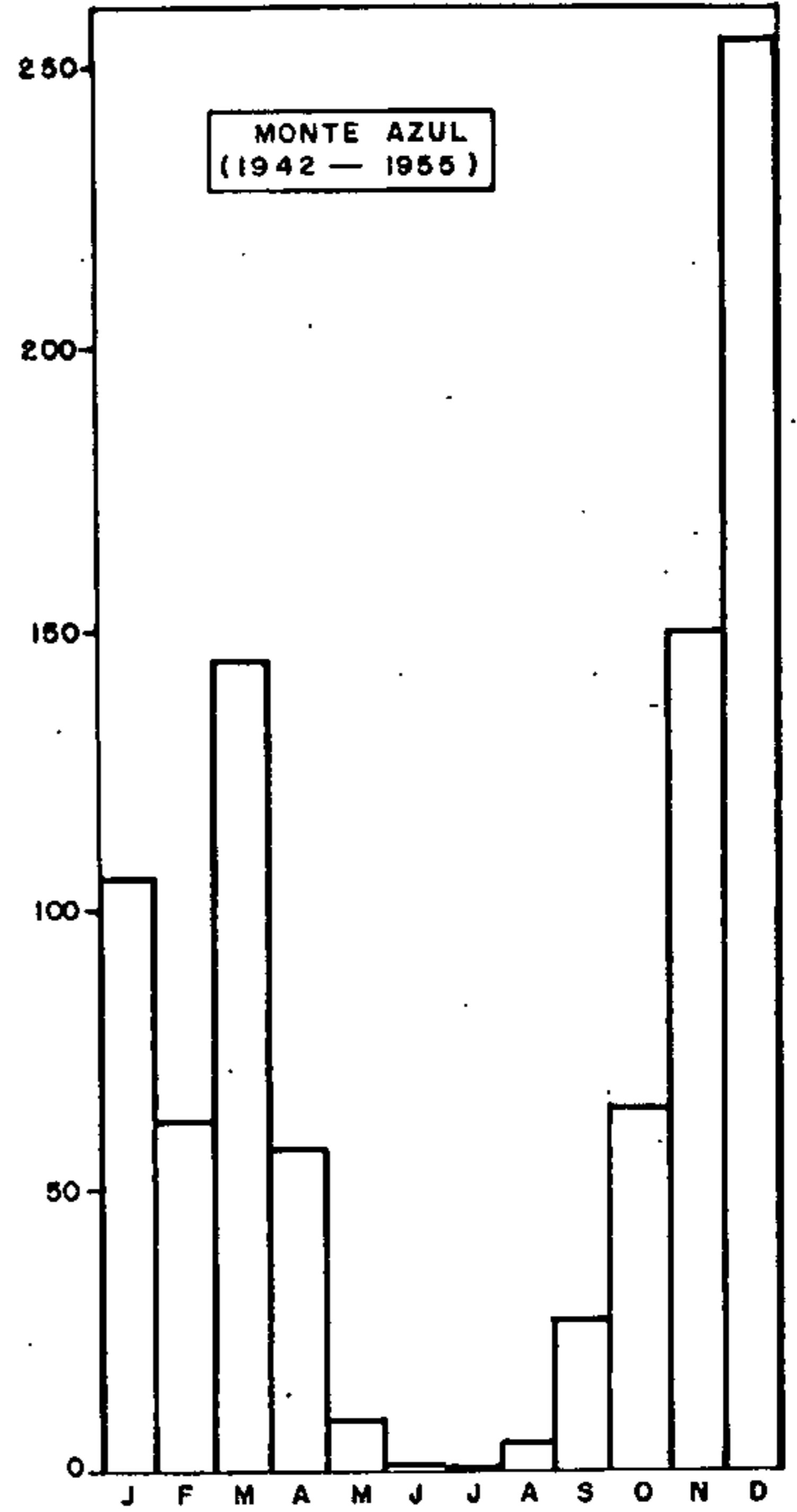
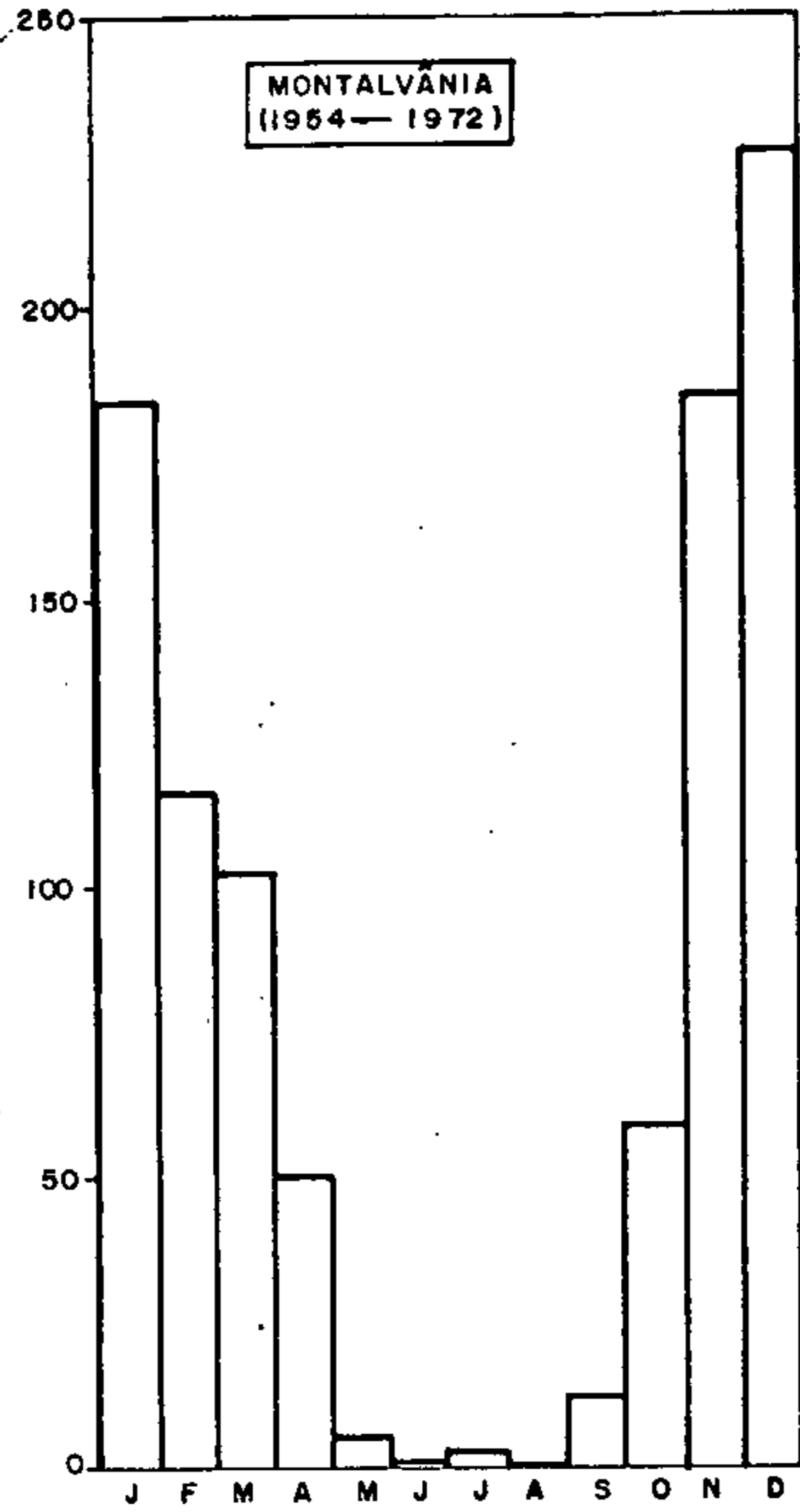


FIG. 4.6

principais tipos climáticos.

No quadro 4.2 estão indicados os dados térmicos disponíveis. As características térmicas da folha podem ser resumidas em:

- O regime térmico é o mesmo em toda a área.
- A região de São Francisco, no extremo Sudoeste da folha, acusa as menores temperaturas mínimas absolutas, correspondendo, todavia, a estação de Caetité às menores temperaturas médias.
- As temperaturas mínimas médias mensais são superiores a $10,4^{\circ}\text{C}$ e inferiores a 20°C .
- O período mais frio está compreendido entre os meses de maio e agosto, coincidindo com a estação seca. No período de setembro a abril (meses mais quentes) as oscilações de temperatura são inferiores a $2,5^{\circ}\text{C}$.
- A amplitude térmica anual é muito pequena, com seu valor máximo de $5,9^{\circ}\text{C}$ na estação de São Francisco.
- A temperatura média anual oscila entre $21,6^{\circ}\text{C}$ em Caetité, a $24,4^{\circ}\text{C}$, em Januária.

4.2.3 Insolação

A estação meteorológica de Januária registrou um total anual médio de 2801,5 horas de insolação, no período de 1950 a 1957; e a estação meteorológica de Caetité o total de 2577,5 horas, no período de 1931 a 1960.

4.2.4 Evaporação e Evapotranspiração

Em relação à hidrogeologia, é a evaporação um dos mais importantes elementos do clima, por constituir o

Quadro 4.2 - TEMPERATURAS MÉDIAS MENSAIS E ANUAIS (°C)

ESTAÇÃO	PERÍODO	TEMP.	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEC.	ANUAL
JANUÁRIA	31 a 60	MAX.	30,6	31,0	30,7	30,5	30,0	29,5	29,2	31,1	33,1	33,4	31,1	29,9	20,8
		MED.	25,1	25,3	25,2	24,6	23,3	22,2	22,0	23,4	25,5	26,4	25,2	24,7	24,4
		MIN.	19,9	19,9	19,9	19,3	17,0	15,1	14,7	15,6	17,9	19,8	19,9	19,7	18,2
S. FRANCISCO	31 a 60	MÁX.	31,8	32,6	31,9	31,8	30,9	29,9	30,2	32,0	33,9	34,1	32,0	31,0	31,8
		MED.	24,1	24,4	24,1	23,3	21,6	19,8	20,0	21,7	24,2	25,7	24,6	24,2	23,1
		MIN.	18,2	17,9	18,0	16,3	13,3	10,7	10,4	11,6	15,1	17,8	13,5	18,4	15,5
MANGA	49 a 60	MAX.	30,6	31,2	30,4	30,8	30,6	30,4	29,7	31,8	32,8	34,0	30,2	29,8	31,0
	50 a 57	MED.	24,7	24,7	24,6	23,7	22,0	21,8	21,4	22,7	24,7	26,4	24,9	24,3	23,9
	49 a 60	MIN.	18,5	18,7	18,7	17,8	16,0	14,7	14,0	14,6	17,0	18,8	19,4	18,5	17,2
CAETITÉ	11 a 41	MAX.	28,0	28,0	28,2	27,2	26,0	25,2	24,7	26,2	28,2	28,9	27,9	27,6	27,2
		MED.	22,6	22,5	22,7	22,0	20,8	19,6	19,0	20,1	21,8	22,8	22,4	22,4	21,6
		MIN.	17,6	17,7	17,8	17,2	15,7	14,1	13,2	13,6	15,1	16,7	17,2	17,5	16,1

Fontes: SUDENE, MA, CVSF.

principal responsável pela diminuição da quantidade de água que poderia eventualmente se infiltrar e realimentar o aquífero. Para as estações de Januária, São Francisco e Caetité foram feitas medidas em tanque de evaporação de classe A, pelo Ministério da Agricultura e SUDENE, com algumas interrupções (Quadro 4.3). A falta de dados de umidade relativa, insolação, etc., na área, impossibilita a melhor utilização desses fatores para o cálculo do armazenamento da água subterrânea.

Conforme indica o quadro 4.3, a evaporação mensal mínima (57,2 mm) verifica-se no mês de fevereiro em São Francisco, enquanto a máxima (177,9 mm) foi registrada em Caetité, no mês de outubro. Quanto às médias anuais, determinou-se um mínimo de 1.081,5 mm, em São Francisco, e um máximo de 1.521,4 mm, em Caetité.

Nas figuras 4.7 a 4.9 são mostrados gráficos comparativos da pluviometria, evaporação e temperatura para as estações de Januária, São Francisco e Caetité. Depreende-se que esses três fatores são intimamente dependentes, embora saibamos que outros fatores, como a pressão atmosférica, a umidade relativa do ar, a insolação e os ventos, exercem grande influência sobre a evaporação.

A evapotranspiração resulta das perdas de água por evaporação e por transpiração dos vegetais. Seus valores para a estação de São Francisco são dados no quadro abaixo:

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
115	109	107	121	97	101	98	126	158	130	103	108	1373

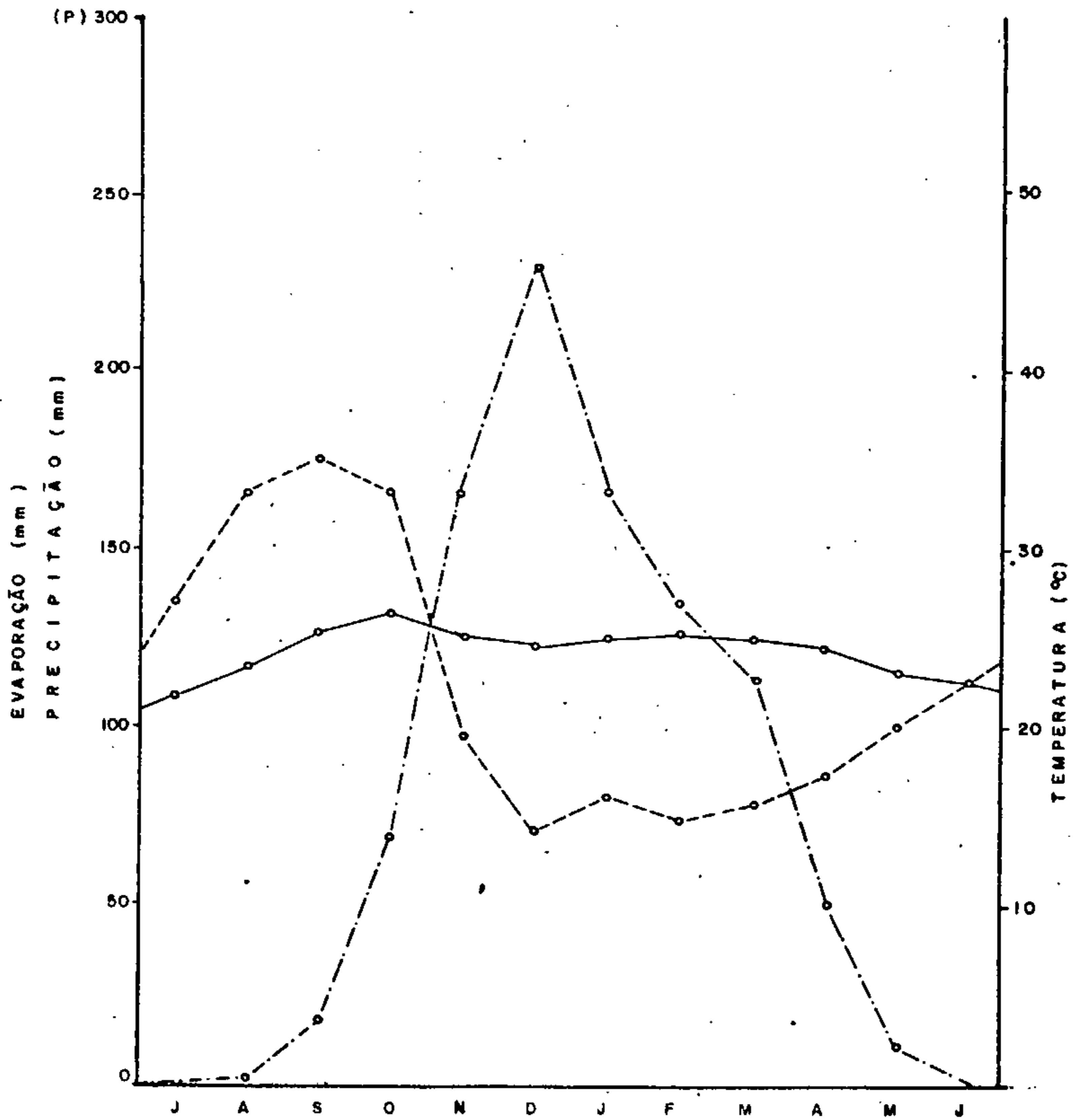
Quadro 4.3 - EVAPORAÇÃO EM TANQUE CLASSE A

ESTAÇÃO	PERIODO	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	ANUAL
JANUÁRIA	31 a 60	80,7	74,8	79,2	86,6	100,5	112,7	136,9	167,8	177,6	167,3	98,5	71,6	1.354,2
S.FRANCISCO	61 a 72	64,3	57,2	73,5	73,9	88,2	100,3	122,5	158,4	166,8	131,1	83,0	63,9	1.081,5
CAETITÉ	11 a 42	99,9	99,1	107,7	106,0	114,4	119,5	136,2	161,7	180,4	177,9	116,3	102,3	1.521,4

Fontes: SUDENE, MA.

GRÁFICO COMPARATIVO

Estação Municipal de Januária



--- PRECIPITAÇÃO (1912-1967)
— TEMPERATURA (1931-1960)
-.- EVAPORAÇÃO (1932-1960)

FIG. 4.7

GRÁFICO COMPARATIVO

Estação Municipal de São Francisco

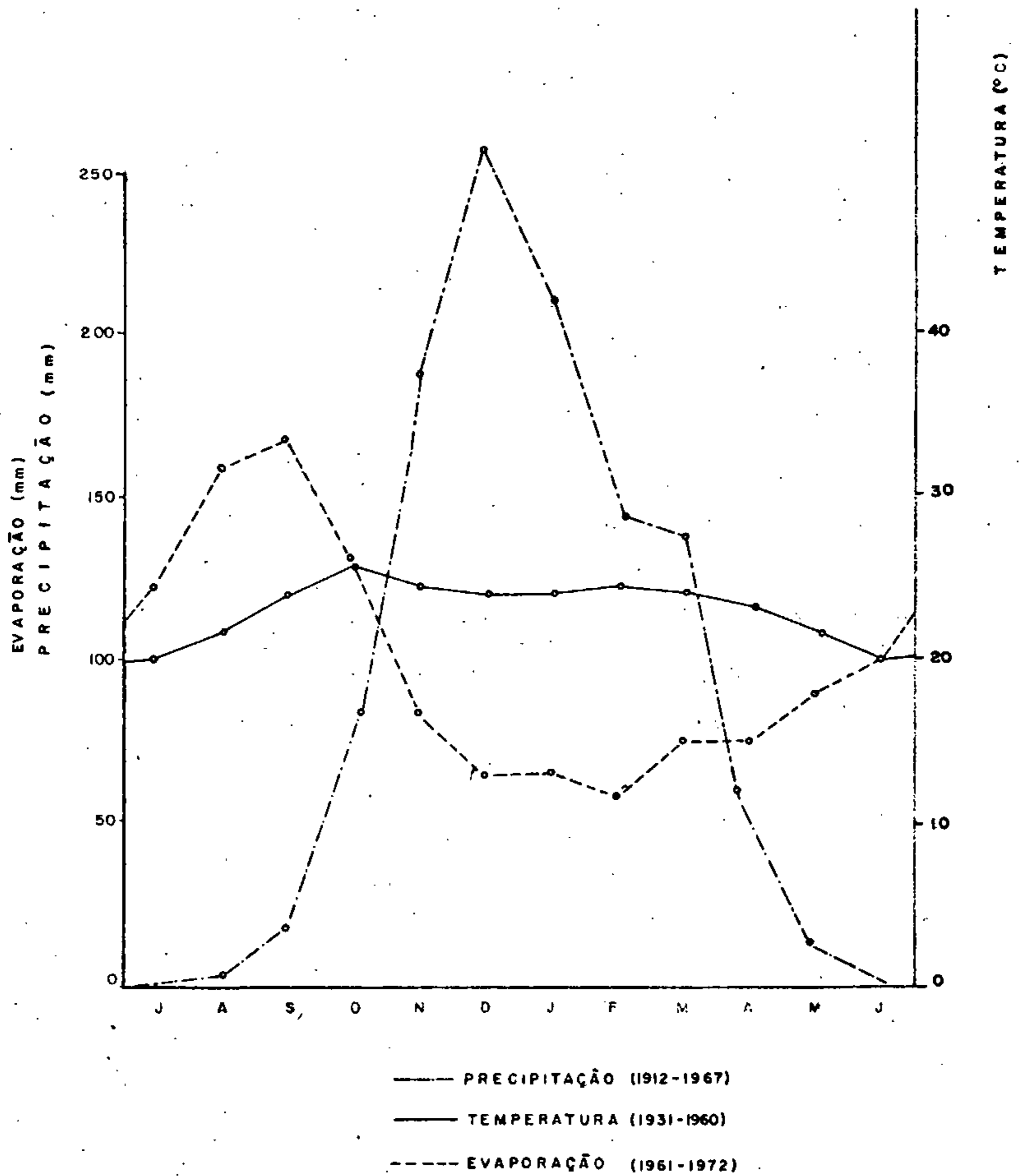


FIG. 4.8

GRÁFICO COMPARATIVO
Estação Municipal de Caetité

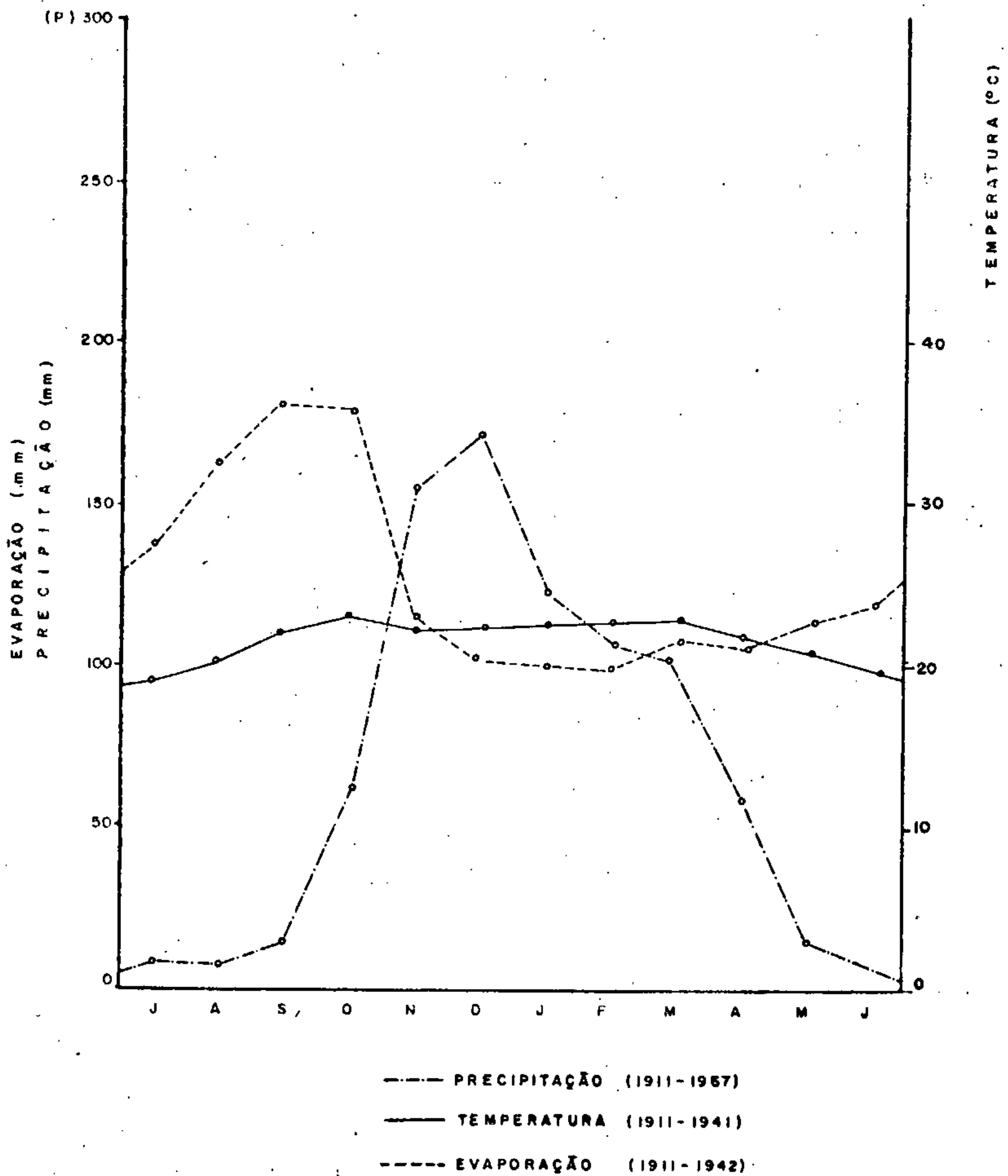


FIG. 4.9

Estes dados foram obtidos através da fórmula abaixo, atribuída a TURC, utilizando-se dados decenais:

$$ETP = 0,40 \frac{t}{t + 15} (I_g + 50) \left(1 + \frac{50 - Hr}{70} \right)$$

onde: ETP = evapotranspiração potencial, em mm.

t = temperatura média mensal em °C.

I_g = valor médio mensal da radiação solar, expressa em pequenas calorias por cm² de superfície horizontal.

Hr = umidade relativa do ar.

Avalia-se em 10% o erro relativo sobre os valores assim calculados.

Como a média mensal da umidade relativa do ar é superior a 50% na estação de São Francisco, a fórmula fica reduzida à seguinte:

$$ETP = 0,40 \frac{t}{t + 15} (I_g + 50)$$

sendo considerado o valor de 0,37, ao invés de 0,40, para o mês de fevereiro.

No que tange a evapotranspiração real (ETR), seus valores mensais foram obtidos a partir do balanço hídrico, tendo sido os valores anuais de 5 (cinco) estações também determinados pela fórmula de TURC.

Pela fórmula do balanço hídrico temos:

$$ETR = P - EX - AR$$

sendo: P = precipitação, em mm;

ETR = evapotranspiração real, em mm;

EX = excedente de água, em mm;

AR = aumento de água utilizada pelas plantas, em mm.

Para as regiões de Caetité e São Francisco

foram elaborados balanços hídricos baseados na precipitação, evapotranspiração potencial e volume de reserva do solo. O cálculo de reserva do solo foi efetuado para cada região em função da profundidade média das raízes da vegetação, capacidade de campo e índice de murchamento do solo. De acordo com os resultados obtidos, temos, para a região de Caetité (quadro 4.4 e fig. 4.10), o comportamento solo-água seguinte:

- a evapotranspiração potencial possui um valor de 1346,0 mm. O valor mínimo obtido correspondente ao mês de maio é da ordem de 94,5 mm. A evapotranspiração potencial máxima atinge um máximo de 139,2 mm, nos meses de setembro e outubro;
- a evapotranspiração real anual alcança um valor de 806,4 mm, possuindo um valor mínimo de 8,3 mm no mês de junho, e o valor máximo de 118,0 mm, no mês de abril;
- o período de escoamento corresponde aos meses de dezembro e janeiro.
- o "deficit" de água se verifica no período de maio a outubro.

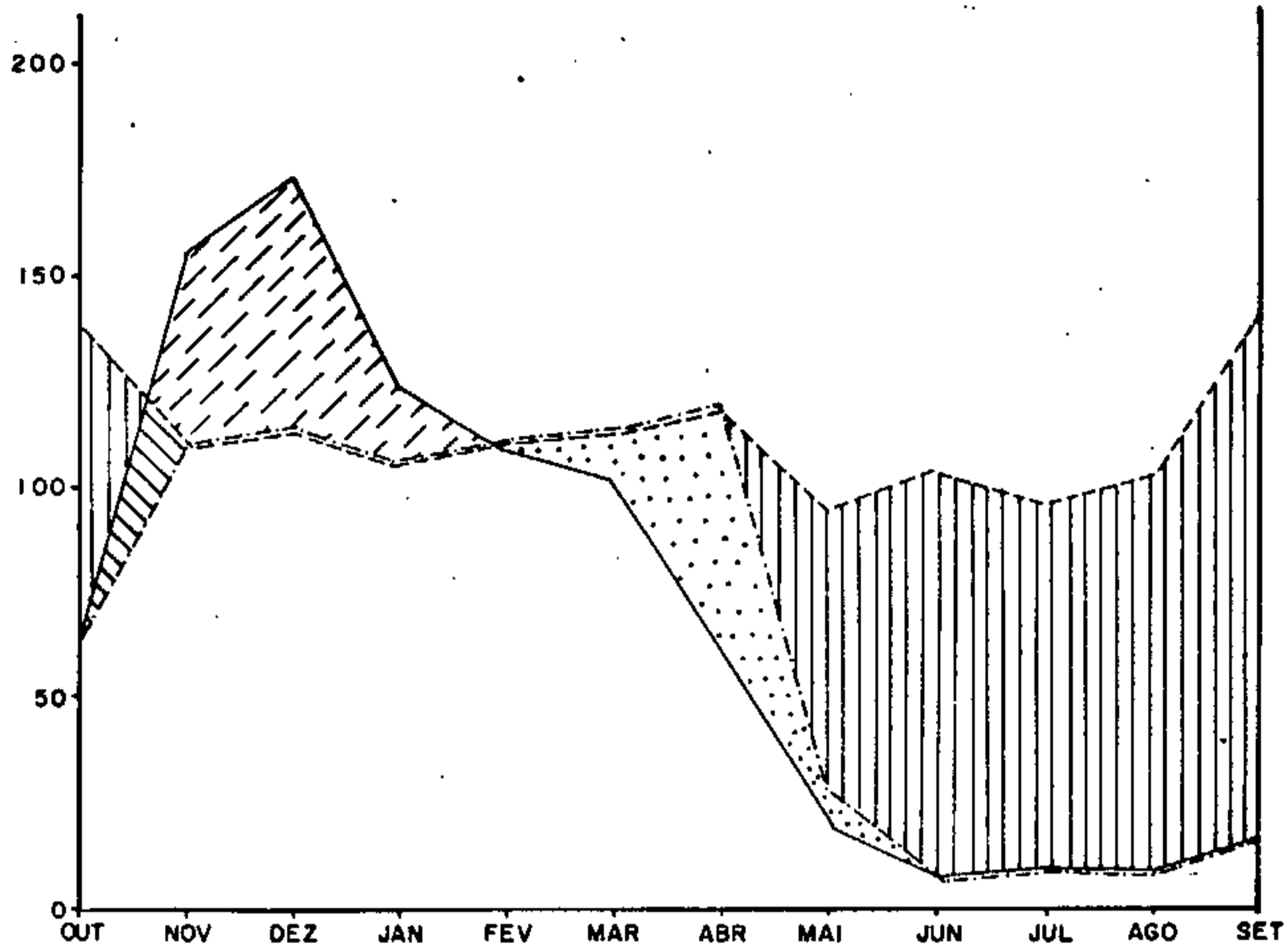
Em São Francisco, o balanço hídrico apresenta um "deficit" durante o mês de maio até outubro, no período seco, havendo excesso de água no período de novembro a março, com reservas de água utilizável no período compreendido entre os meses de março até fins de abril. (quadro 4.5 e Fig 4.11).

Os valores para a evapotranspiração real anual também foram calculados empiricamente pela fórmula de TURC, baseada nas temperaturas e precipitações médias anuais, seguintes:

QUADRO 4.4. BALANÇO HIDRÍCO DE CAETITÉ (BA)
PERÍODO : 1912 - 1967

	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	TOTAL
PRECIPITAÇÃO	62,7	156,6	173,3	124,0	108,6	101,9	59,2	17,0	8,3	9,9	9,0	16,2	846,7
EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL	139,2	109,8	114,3	107,0	110,6	112,6	118,0	94,5	103,7	95,4	101,7	139,2	1.346,0
P - ETP	-76,5	46,8	59,0	17,0	- 2,0	-10,7	-58,8	-77,5	-95,4	-85,5	-92,7	-123,0	
RESERVA DE ÁGUA UTILIZÁVEL	0	46,8	82,5	82,5	80,5	69,8	11,0	0	0	0	0	0	
EVAPOTRANSPIRA- ÇÃO REAL	62,7	109,8	114,3	107,0	110,6	112,6	118,0	28,0	8,3	9,9	9,0	16,2	806,4
EXCEDENTE	-	-	23,3	17,0	-	-	-	-	-	-	-	-	40,3
DEFICIT	76,5	-	-	-	-	-	-	66,5	95,4	85,5	92,7	123,0	539,6

BALANÇO HÍDRICO DE CAETITÉ



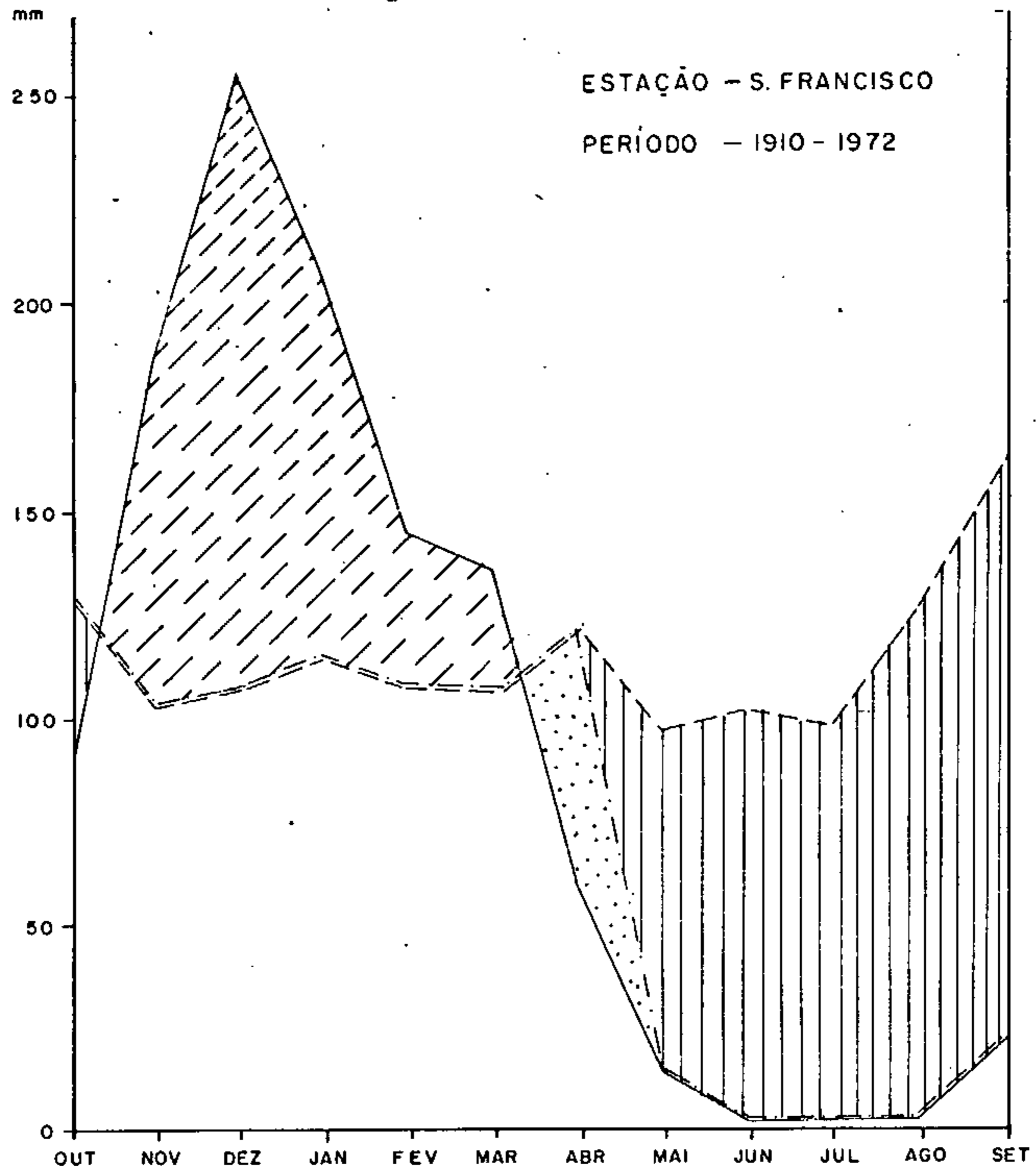
- PRECIPITAÇÕES
- - - EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL
- · - · EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL
- ▨ INFILTRAÇÃO
- ▩ EXCEDENTE
- ▤ RESERVA DE ÁGUA UTILIZÁVEL
- ▧ DEFICIT

FIG. 4.10

QUADRO 4.5 - BALANÇO HÍDRICO DE SÃO FRANCISCO
PERÍODO 1913-1937 e 1961-1973

	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	TOTAL
PRECIPITAÇÃO	86,1	187,2	255,8	209,1	143,6	137,4	60,0	15,3	2,9	2,4	3,6	20,1	1.123,5
EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL	130,0	103,8	108,1	115,1	109,0	107,0	121,3	97,2	101,0	98,6	126,6	158,8	1.376,5
P - ETP	-43,9	83,4	147,7	94,0	34,6	30,4	-61,3	-81,9	-98,1	-96,2	-123,0	-138,7	
RESERVA DE ÁGUA UTILIZÁVEL	0	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	1,1	0	0	0	0	0	
EVAPOTRANSPIRA- ÇÃO REAL	86,1	103,8	108,1	115,1	109,0	107,0	121,3	16,4	2,9	2,4	3,6	20,1	795,8
EXCEDENTE	-	21,0	147,7	94,0	34,6	30,4	-	-	-	-	-	-	327,7
DEFICIT	43,9	-	-	-	-	-	-	80,8	98,1	96,2	123,0	138,7	580,7

BALANÇO HÍDRICO



- PRECIPITAÇÃO
- - - EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL
- · - · EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL
- ▤ RESERVA DE ÁGUA UTILIZÁVEL
- ▨ EXCEDENTE
- ▧ DEFICIT

FIG. 4.11

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

onde: ETR = evapotranspiração real(mm)
P = altura de precipitação média anual(mm)
L = parâmetro de TURC, dado pela relação
 $L = 300 + 25T + 0,05T^3$

Utilizando-se a fórmula acima obtiveram-se os seguintes dados relacionados no quadro abaixo:

ESTAÇÃO	JAÍBA	JANUÁRIA	MANGA	CAETITÉ	SÃO FRANCISCO
ETR(mm)	829,1	800,8	799,1	742,7	920,9

As diferenças encontradas para os valores médios anuais resultam do envolvimento de fatores distintos nos dois métodos.

Considerando os valores determinados através da fórmula de TURC e considerando que as estações estão regularmente distribuídas de forma a representarem o contexto geral, temos para a área uma ETR média anual de 818,5 mm.

4.2.5 - Índice de Aridez

Baseado na pluviometria e temperatura, Emmanuel de Martonne definiu índice de aridez pela fórmula $I = \frac{P}{T} + 10$, onde P=pluviometria média anual e T= temperatura média anual.

Devido à raridade de informações, principalmente relacionadas à temperatura, não nos foi possível traçar o mapa de aridez da área. Para as cinco estações

- Jaíba, Januária, Manga, Caetité e São Francisco - onde os dados são suficientes, determinaram, respectivamente os seguintes valores do índice de aridez: 47, 50, 46, 49 e 58.

4.2.6 Umidade Relativa

A umidade relativa determinada na estação meteorológica de Januária foi em média de 65,7% por ano, no período de 1950 a 1957. Em São Francisco, para o período de 1961 a 1973, encontrou-se uma média anual de 58,8%.

4.2.7 Ventos e Pressão Atmosférica

A direção dominante dos ventos na estação de São Francisco é sudeste, com velocidade média de 1,5m/s.

A pressão atmosférica foi medida nas estações meteorológicas de:

Januária	:	722,4 mm/Hg	(período: 1950 a 1957)
São Francisco:		963,2 mm/Hg	(período: 1913 a 1937)

4.2.8 Bioclimas

No zoneamento bioclimático adotou-se a classificação de GAUSSEN, a qual está baseada no ritmo das temperaturas e das precipitações pluviométricas no decorrer do ano, permitindo verificar a dependência das formas de vida ao fator clima.

A área da folha 31 está situada integralmente na região climática xeroquimênica (tropical), caracterizada por um período seco (inverno) e um período úmido (verão). Quase toda área encontra-se na sub-região termo

xeroquimênica, com temperatura média superior a 15°C para o mês mais frio, com modalidades climáticas de caráter médio (4bTh) e caráter atenuado (4cTh). A região de Monte Azul, Mato Verde e Porteirinha, bloqueada a leste pela serra do Espinhaço, apresenta um clima subtermaxérico de caráter de transição (4dTh), em que a temperatura do mês mais frio está entre 15° a 20°C . (Fig. 4.12).

O bioclima termoxeroquimênico médio caracteriza-se por um período seco de 5 a 6 meses (abril ou maio a setembro). Na vegetação (caatinga) há uma expressiva ocorrência de representantes arbóreos (angicos, baraúnas, aroeiras etc.). Ocorre, numa faixa da ordem de 130 km de largura, ladeando o rio São Francisco e limitada a E e W pelo clima 4 cTh.

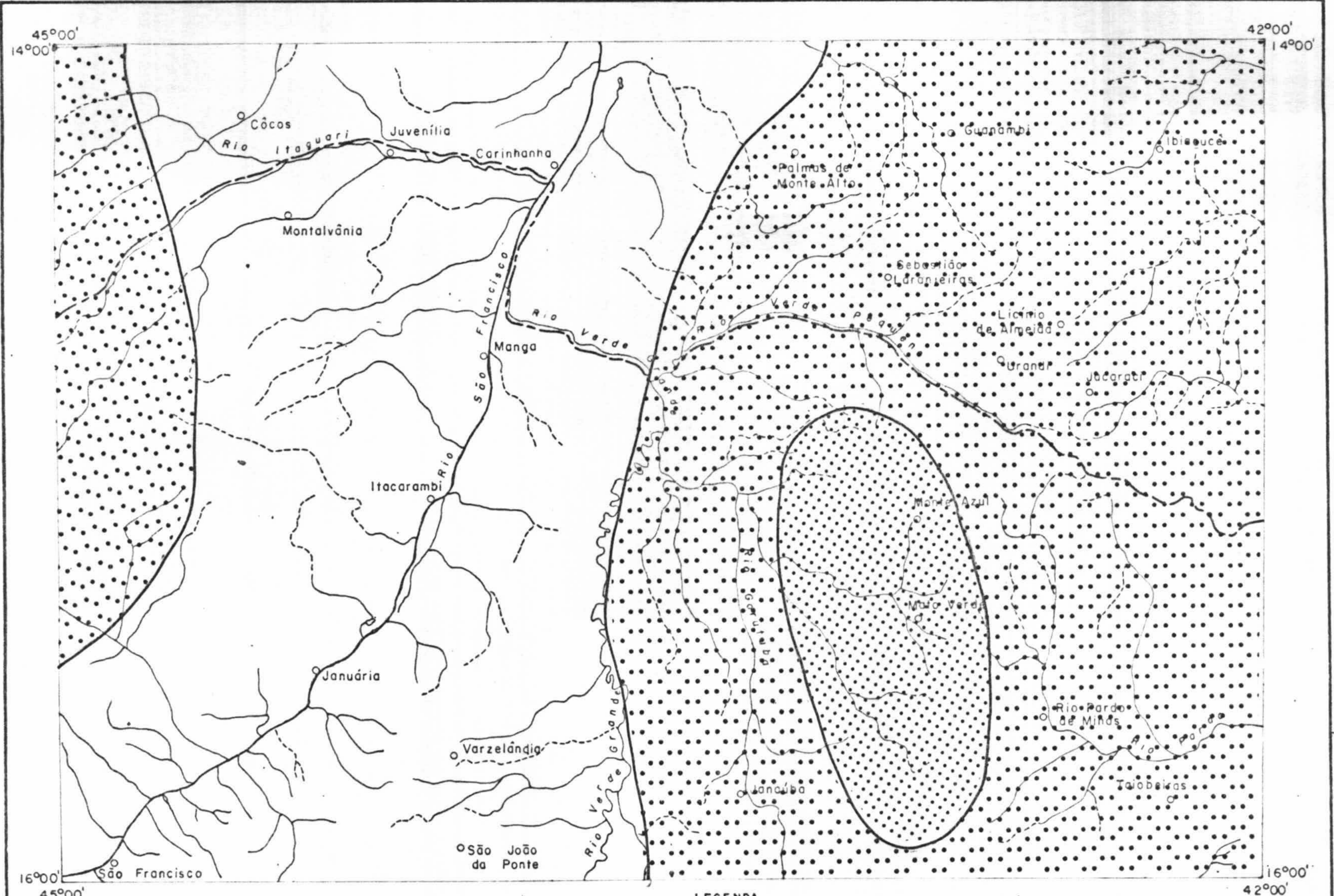
O bioclima termoxeroquimênico de caráter atenuado, caracteriza-se por uma estação seca curta de 3 a 4 meses. A vegetação é do tipo cerrado.

O clima subtermaxérico é um clima tropical quente e sub-seco, com estação muito curta (1 a 2 meses). A este tipo de clima corresponde a floresta latifoliada, com grande variedades de epífitas e lianas.

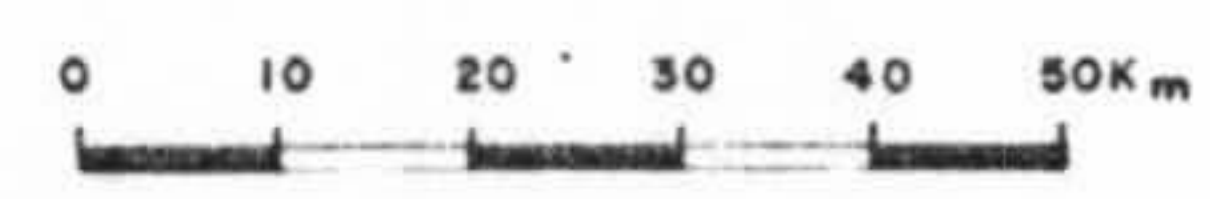
4.2.9 Clima Segundo KÖPPEN

Tendo por base a classificação de KÖPPEN, podemos classificar os tipos de clima da área (fig 4.13) em:

- AW - Clima tropical úmido de Savanas, com estação seca bem acentuada coincidindo com o inverno;
- Cwa - Clima tropical de altitude, com verões quentes e



MAPA DE BIOCLIMA



ESC. GRÁFICA

- - Cidade
 - Drenagem permanente
 - Drenagem intermitente

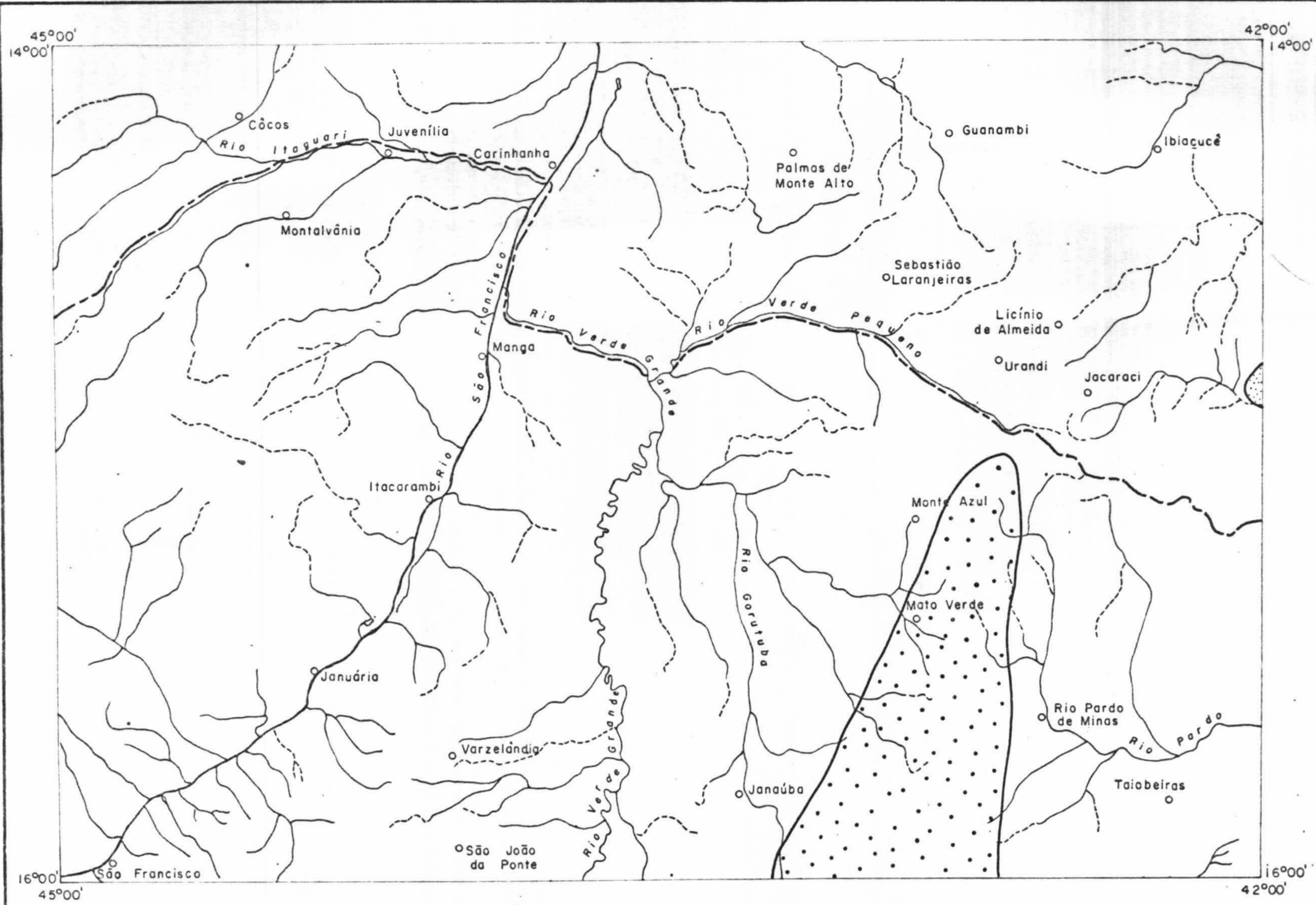
LEGENDA

CLASSIFICAÇÃO BIOCLIMÁTICA SEGUNDO GAUSSEN

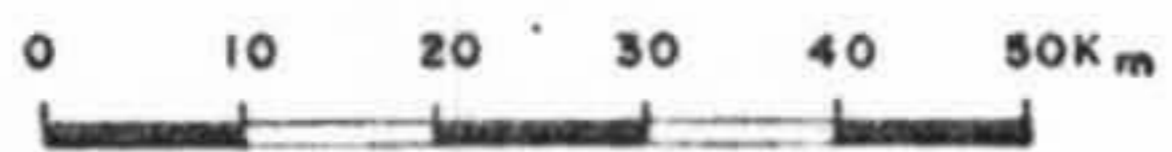
- Xeroquimênico (Tropical)
 - 4bTh Termoxeroquimênico médio
 - 4cTh Termoxeroquimênico atenuado
 - 4dTh Subtermoxérico — caráter de transição

FIG. 4.12.

Fonte : IBGE



MAPA DE CLIMA



ESC. GRÁFICA

- - Cidade
- - Drenagem permanente
- - - Drenagem intermitente

LEGENDA

TIPOS DE CLIMA

- AW
- ▣ CWa
- ▣ Bsh

FIG. 4.13.

Fonte : IBGE

chuvosos. Ocorre em pequena porção a sudeste da área, onde predominam maiores altitudes em relação ao restante da folha. Abrange partes dos municípios de Monte Azul, Porteirinha e Rio Pardo de Minas.

Bsh - Semi-árido quente, com chuvas escassas (até 600 mm anuais) no verão. Ocorre apenas em uma diminuta área a leste da folha.

4.3 Morfologia

A quase totalidade da área está contida na bacia do São Francisco. Apenas pequenas faixas, a este, pertencem às bacias dos rios Jequitinhonha, de Contas e Pardo de Minas.

O traço geomorfológico predominante é o extenso pediplano que se estende por ambas as margens do rio São Francisco, em faixa mais larga à direita do mesmo. Essa superfície aplainada está ladeada, a oeste, pelas escarpas do arenito Urucuaia e a leste pelas elevações da serra do Espinhaço. Abrange cerca de 70% da área e apresenta cotas que variam entre 420 a 500 m.

A NE da área desenvolve-se uma extensa superfície aplainada, que aqui denominamos de Caculé. Apresenta cotas médias de 700m e está ladeada pela serra do Espinhaço e serras isoladas que se salientam do pediplano. O relevo é dissecado inteiramente em rochas do Pré-Espinhaço pelo ciclo de erosão Velhas.

Na região de Guanambi e Monte Azul, entre as serras do Espinhaço e Branca, ao sul, e Gortuba e Rompe Gibão, ao norte; desenvolve-se uma superfície suavemente ondulada com cotas entre 500 a 550 m. No setor setentrio

nal está coberta por sedimentos arenosos e apresenta formas residuais, testemunhos de eventos anteriores à sua formação. Pertence ao ciclo de erosão Velhas e apresenta uma drenagem dendrítica com variações para dendrito-retangular.

No canto SE da área, na região das cabeceiras do rio Pardo de Minas, desenvolve-se uma região em forma de platô, atualmente recortada pelo ciclo de erosão Paraguaçu em vales em forma de "U" e meandros abandonados. Esse platô do alto rio Pardo é limitado ao N pela planície de Caculé e a oeste pela serra do Espinhaço. A apresenta cotas superiores a 1.000m e está semeado de formas residuais de até 1.300 m de altitude, que identificam o nível cimeiro na região.

As elevações da serra Central e serra de Palmas de Monte Alto modelam-se em grandes cuestas isoladas, como remanescentes dos contrafortes ocidentais da serra do Espinhaço que ocorrem em cristas alinhadas, algumas com topo aplainado, com direções variáveis.

Na região entre Janaúba e Riacho dos Machados, as serras do Tabocal e Taquaral apresentam dobras sinformal com flancos mergulhantes no sentido do rio Gorutuba.

Essas escarpas e cuestas apresentam vestígios de uma superfície de erosão entre as cotas 1000 a 1100 m.

A drenagem, seguindo os mesmos controles estruturais das feições topográficas, formam um padrão modificado subparalelo nas encostas, subdendrítico nas cristas alinhadas e zonas dobradas.

4.4 Hidrologia de Superfície

4.4.1 Generalidades

A rede hidrográfica da folha em estudo abrange quatro bacias, com as respectivas áreas de influência, seguintes:

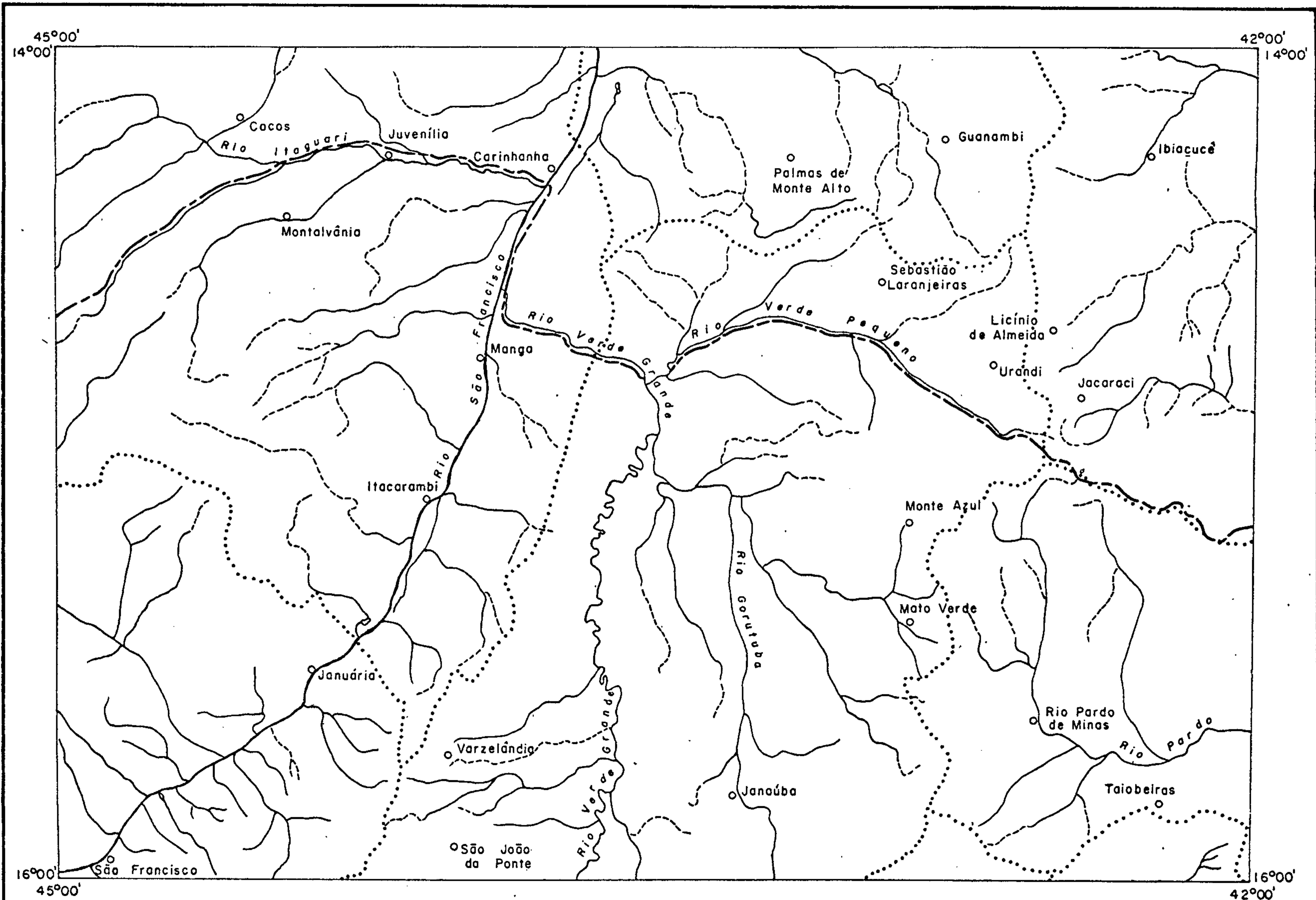
a - Rio São Francisco	: 78,2%
b - Rio Jequitinhonha	: 1,8%
c - Rio de Contas	: 9,8%
d - Rio Pardo de Minas	: 10,2%

A serra do Espinhaço é o divisor das águas da bacia do rio São Francisco e as outras bacias têm suas cabeceiras partindo da aba leste dessa serra (Fig. 4.14).

4.4.2 Bacia do rio São Francisco

O rio São Francisco corta a folha 31 numa extensão de aproximadamente 278 km, no sentido SW-NE. Essa parte do médio São Francisco constitui uma bacia que cobre uma área de 55 800 km², ocupando toda a porção da folha a oeste da serra do Espinhaço. Seu regime é permanente e comporta navegação de barcos comerciais, nesse trecho. Os afluentes principais da margem esquerda são: rio Carinhanha, rio Itacarambi, rio Pandeiros, rio Peruaçu, rio Pardo; e da margem direita: rio Verde Grande e rio Caraíba de Dentro.

A Fundação Rural Mineira (Ruralminas) estudando dados fluviométricos do rio São Francisco obtidos junto a CODEVASF, constatou uma diminuição de descarga



BACIAS HIDROGRÁFICAS

LEGENDA

- - Cidade
- (solid line) - Drenagem permanente
- - - (dashed line) - Drenagem intermitente
- - - (dotted line) - Limite de bacia hidrográfica
- - - (dash-dot line) - Divisa interestadual



ESC. GRÁFICA

FIG. 4.14

entre as estações de Januária, a montante, e fazenda do Porto, a jusante. O estudo foi feito para os períodos de estiagem relativos aos anos de 1959 a 1961. Constatou a Ruralminas, que é de um dia o tempo necessário para que a descarga passe de um ponto ao outro.

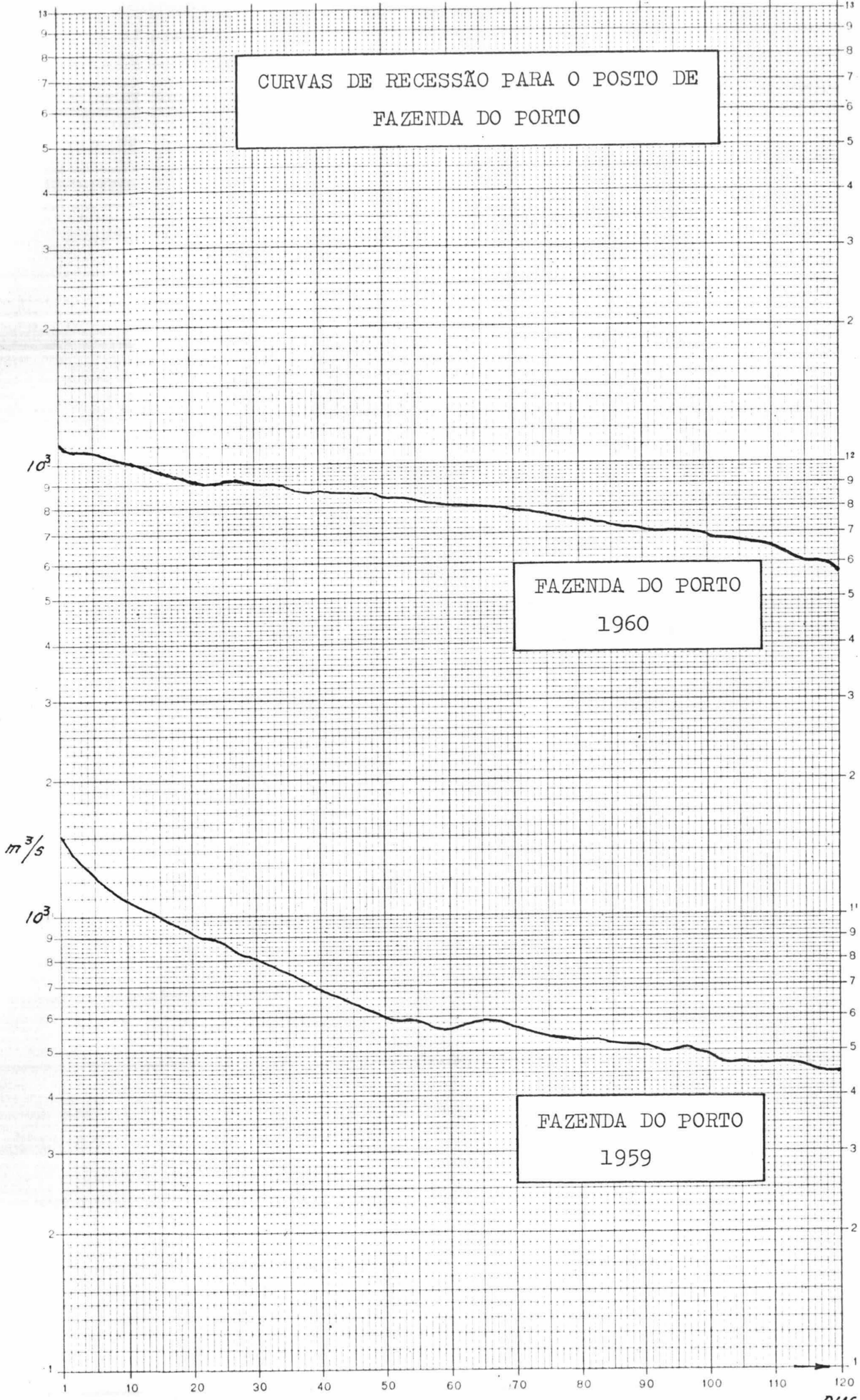
A diferença de descargas em Januária e fazenda do Porto mostrada no quadro 4.6, pode ser facilmente visualizada nos gráficos 4.1 e 4.2.

QUADRO 4.6 - DESCARGAS PERDIDAS

DIA	DESCARGA EM JANUÁRIA	DESCARGA EM FAZ.DO PORTO	DIFERENÇA DE DESCARGA	PERDAS DIÁRIAS
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1º	1100	885	215	18576x10 ³
30º	920	730	190	16416x10 ³
60º	780	610	170	13824x10 ³
90º	650	500	150	12960x10 ³
120º	1100	885	215	18600x10 ³

No quadro 4.7 damos as descargas máximas, mínimas e as médias das estações de São Francisco, Januária, Manga e Carinhanha, todas no rio São Francisco, entre outras localizadas em rios da mesma bacia. Verifica-se que apenas no trecho superior do rio São Francisco contido na área, temos um acréscimo de vazão (Fig. 4.15). A jusante de Januária até Carinhanha a descarga diminui, sendo que, o volume de água perdido não pode ser atribuído apenas à evapotranspiração, levando a crer que parte se infiltra no calcário Bambuí.

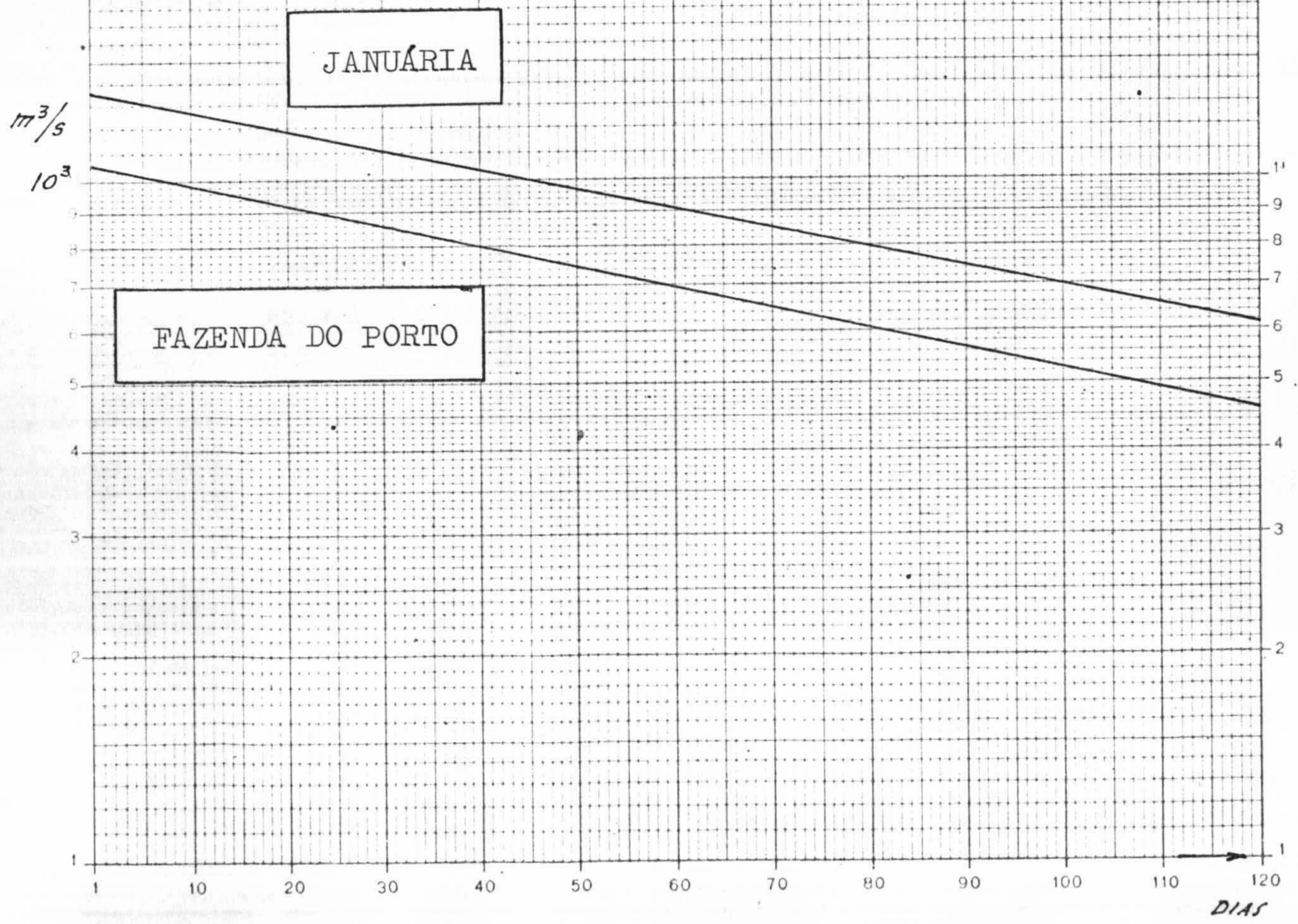
CURVAS DE RECESSÃO PARA O POSTO DE
FAZENDA DO PORTO



FAZENDA DO PORTO
1960

FAZENDA DO PORTO
1959

CURVAS DE RECESSÃO AJUSTADAS PARA O
POSTO DE JANUÁRIA E FAZ. DO PORTO.

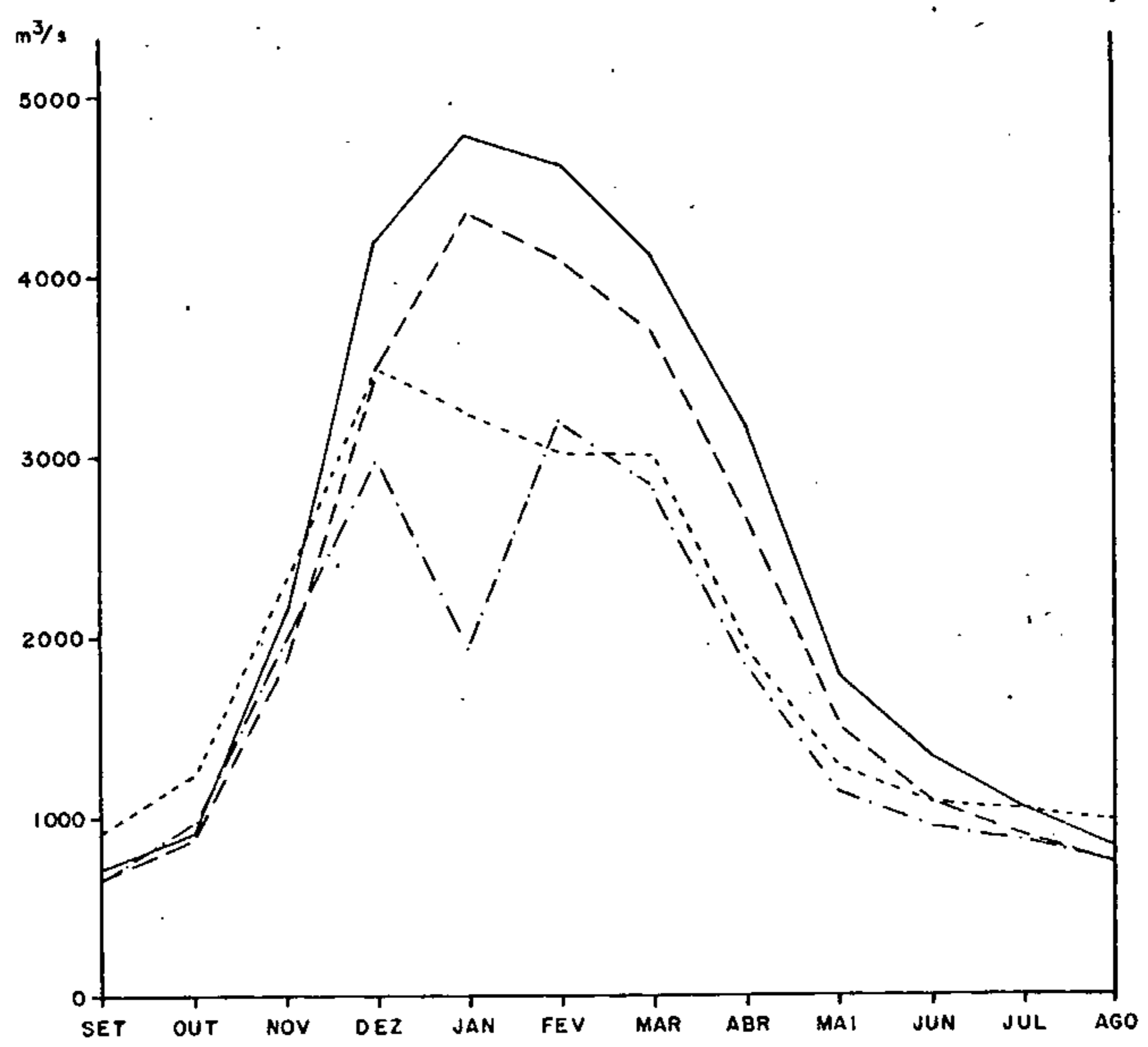


Quadro 4.7 DESCARGAS MÉDIAS

NOME DA ESTAÇÃO	PERÍODO	M E S E S												Vazão Máxima m ³ /s	Vazão Mínima m ³ /s	Média Anual m ³ /s	
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D				
Rio Carinhanha em	Juvenília	1965 a 1974	181	185	193	168	137	125	120	115	111	129	176	210	501,0	102,0	154,2
	Lagoa das Pedras	1970 a 1975	155	139	155	152	118	110	106	102	98	122	159	168	418,0	91,5	132,0
	São Gonçalo	1947 a 1975	88	85	90	72	58	53	51	48	47	52	74	88	303,0	32,8	67,2
Rio Cochá em	Capitânia	1951 a 1975	17,2	16,3	16,6	14,4	11,6	10,7	10,2	9,8	9,4	10,7	15,3	18,9	53,7	7,14	13,4
	Montalvânia	1956 a 1974	19,6	18,7	18,3	15,0	12,0	10,8	10,2	9,7	9,2	10,4	15,9	20,4	154,0	6,80	14,2
Rio Gorutuba	Janaúba	1970 a 1972	11,6	5,3	4,2	2,4	1,1	0,4	0,3	0,2	0,4	8,6	30,7	20,0	191,0	0,17	7,1
Rio Verde Grande em	Boca da Caatinga	1917 a 1972	54,9	13,8	13,7	14,3	6,3	4,6	4,4	3,5	2,9	6,0	26,1	101,8	144,0	2,22	21,0
	Coil. da Jaiba	1963 a 1971	36,2	46,6	18,6	13,5	7,1	4,9	3,9	3,3	3,0	5,1	14,0	36,5	37,0	1,10	16,1
Rio São Francisco em	Carinhanha	1967 a 1972	3225	3002	2983	1916	1264	1072	1036	967	943	1248	2305	3475	71818,0	440,0	1953,0
	Januária	1935 a 1936	4764	4629	4108	3155	1783	1315	1020	820	714	905	2121	4182	12.240	240,0	2459,7
	Manga	1937 a 1972	4344	4068	3658	2631	1472	1081	889	725	659	889	1833	3462	11.256	259,0	2142,4
	São Francisco	1957 a 1971	1915	3184	2803	1809	1332	915	849	739	660	971	1954	2963	10.020	290	1657,8

Fonte: DNAEE

DESCARGAS MÉDIAS MENSAIS



ESTAÇÃO	RIO	Nº DA ESTAÇÃO	PERÍODO
— JANUÁRIA	SÃO FRANCISCO	44 300 000	1935 - 1956
- - - MANGA	SÃO FRANCISCO	44 500 000	1937 - 1972
- · - S. FRANCISCO	SÃO FRANCISCO	44 200 001	1957 - 1971
· · · · CARINHANHA	SÃO FRANCISCO	45 720 000	1967 - 1972

FIG.4.15.

No quadro 4.7 estão ainda transcritos os dados de três estações fluviométricas localizadas no rio Verde Grande- afluente da margem direita do São Francisco- e um de seus formadores, o rio Gortuba. Pela fig.4.16 verifica-se que o rio Verde Grande aumenta a sua vazão, tudo levando a crer por uma descarga de base, entre as estações da fazenda do Jaíba e Boca da Caatinga. Nos meses de agosto e setembro temos as menores descargas e nos meses de dezembro e janeiro as maiores(Figs.4.17 e 4.18).

O rio Carinhanha, afluente da margem esquerda do rio São Francisco, apresenta o mesmo regime fluviométrico dos demais rios da região, com a menor descarga no mês de setembro e a maior no mês de dezembro(Figs.4.19 e 4.20), podendo apresentar cheias repentinas em todo o período chuvoso.

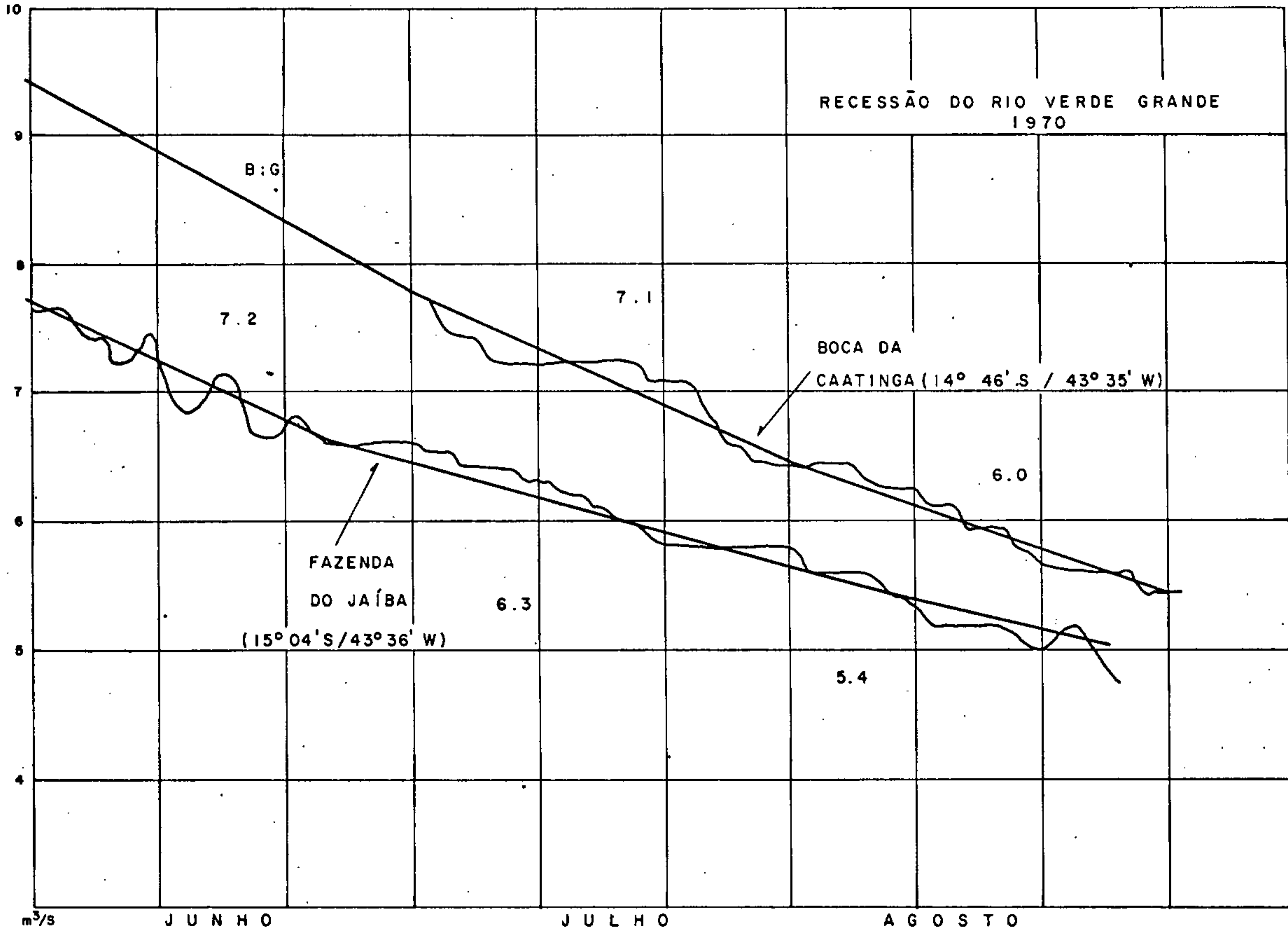
No quadro 4.7 e figs. 4.15, 4.17 a 4.20 estão representadas descargas do rio São Francisco e alguns tributários.

4.4.3 Outras bacias

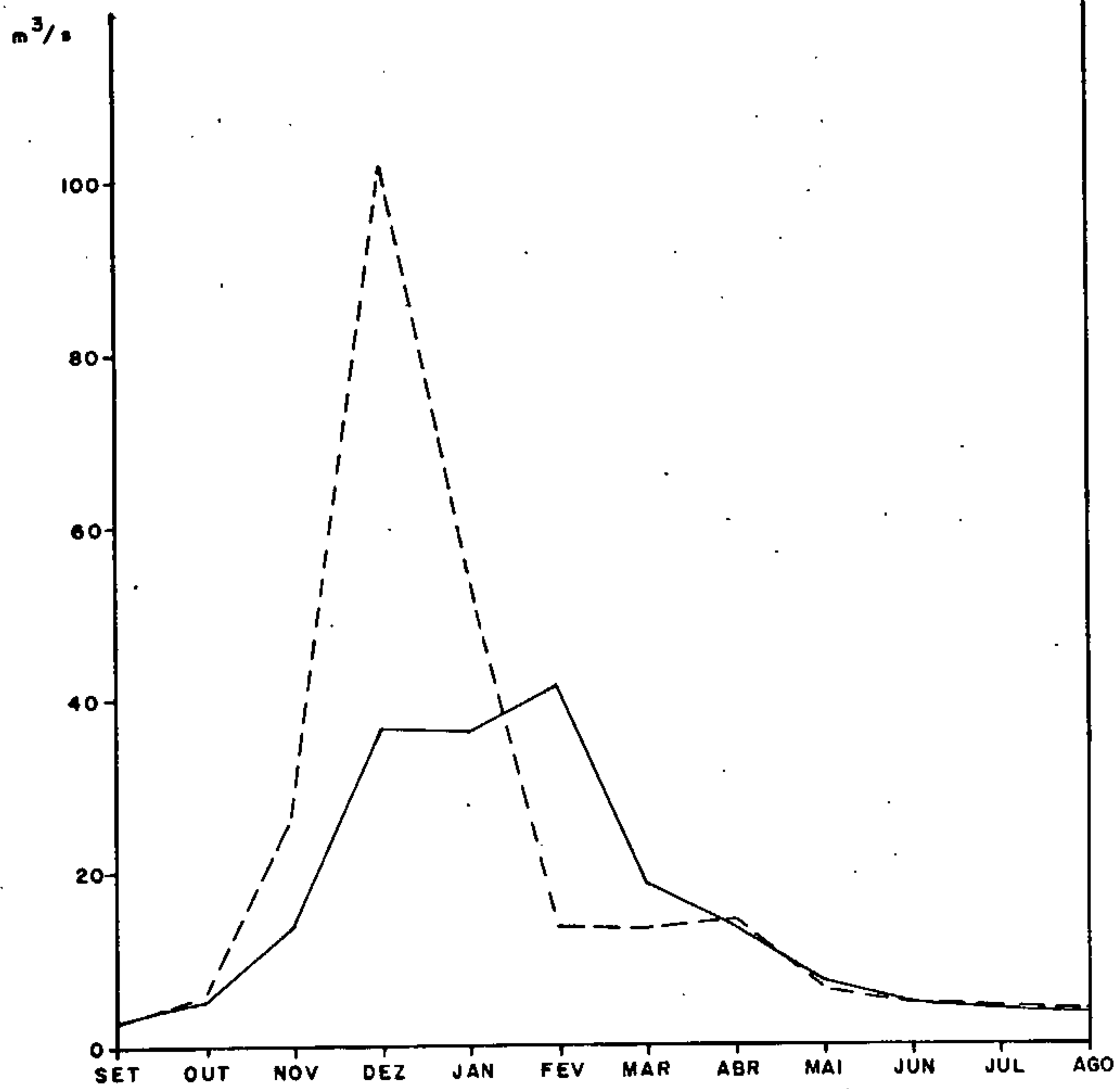
Além da bacia do rio São Francisco ocorrem na área as bacias do rio Pardo de Minas, do rio de Contas e do rio Jequitinhonha. Esta última está restrita a uma área muito reduzida no canto SE da folha.

As bacias dos rios de Contas(área de 6950 km^2) e Pardo de Minas(área de 7320 km^2) são separadas da bacia do rio São Francisco pela serra do Espinhaço, e entre si, pela serra Geral.

A bacia do rio Pardo de Minas está representa



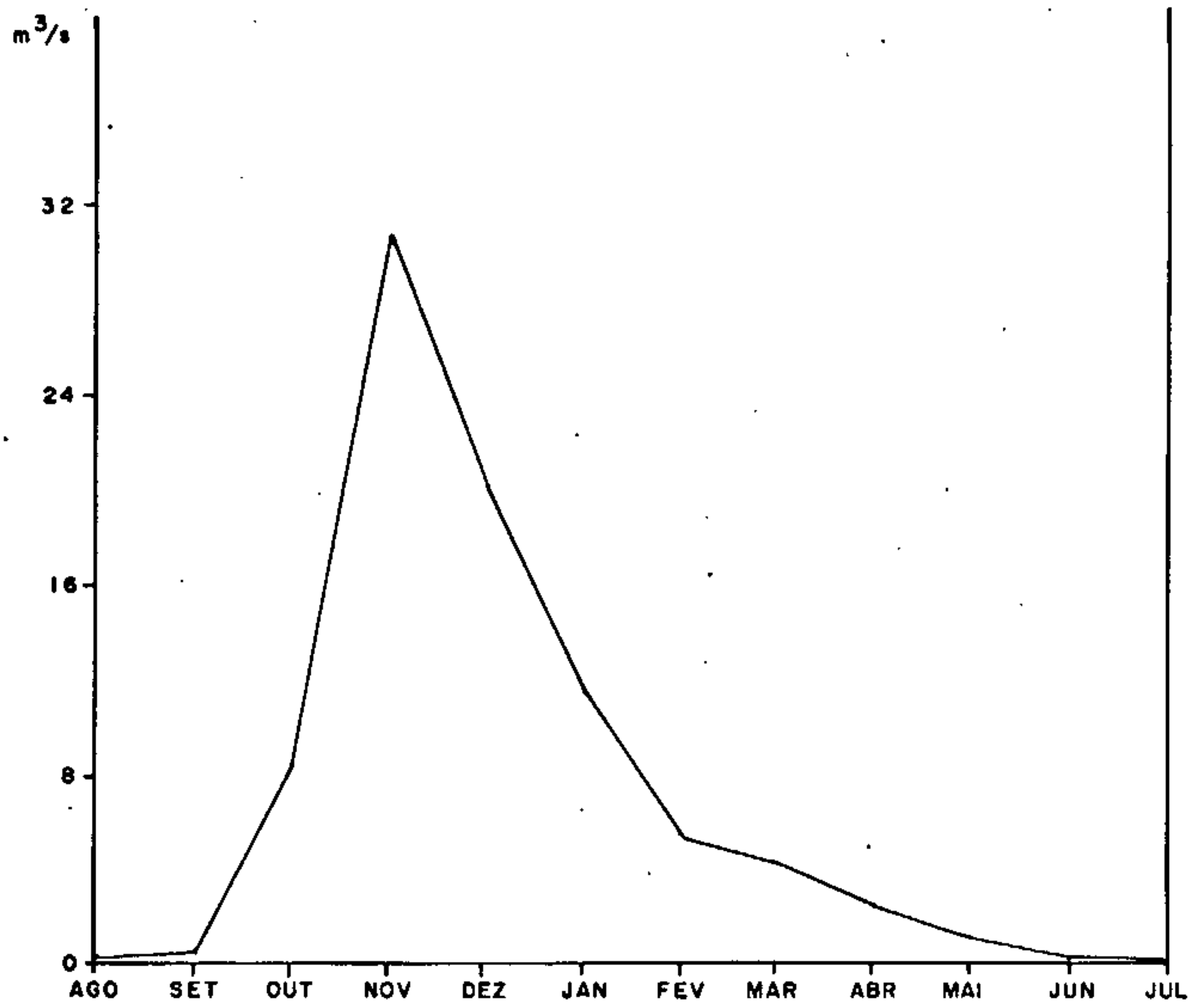
DESCARGAS MÉDIAS MENSAIS



ESTAÇÃO	RIO	Nº DA ESTAÇÃO	PERÍODO
— COLÔNIA DA JAIBA	VERDE GRANDE	44 870 000	1963 - 1971
- - - BOCA DA CAATINGA	VERDE GRANDE	44 950 002	1971 - 1972

FIG. 4.17.

DESCARGAS MÉDIAS MENSAIS



ESTAÇÃO
JANAÚBA

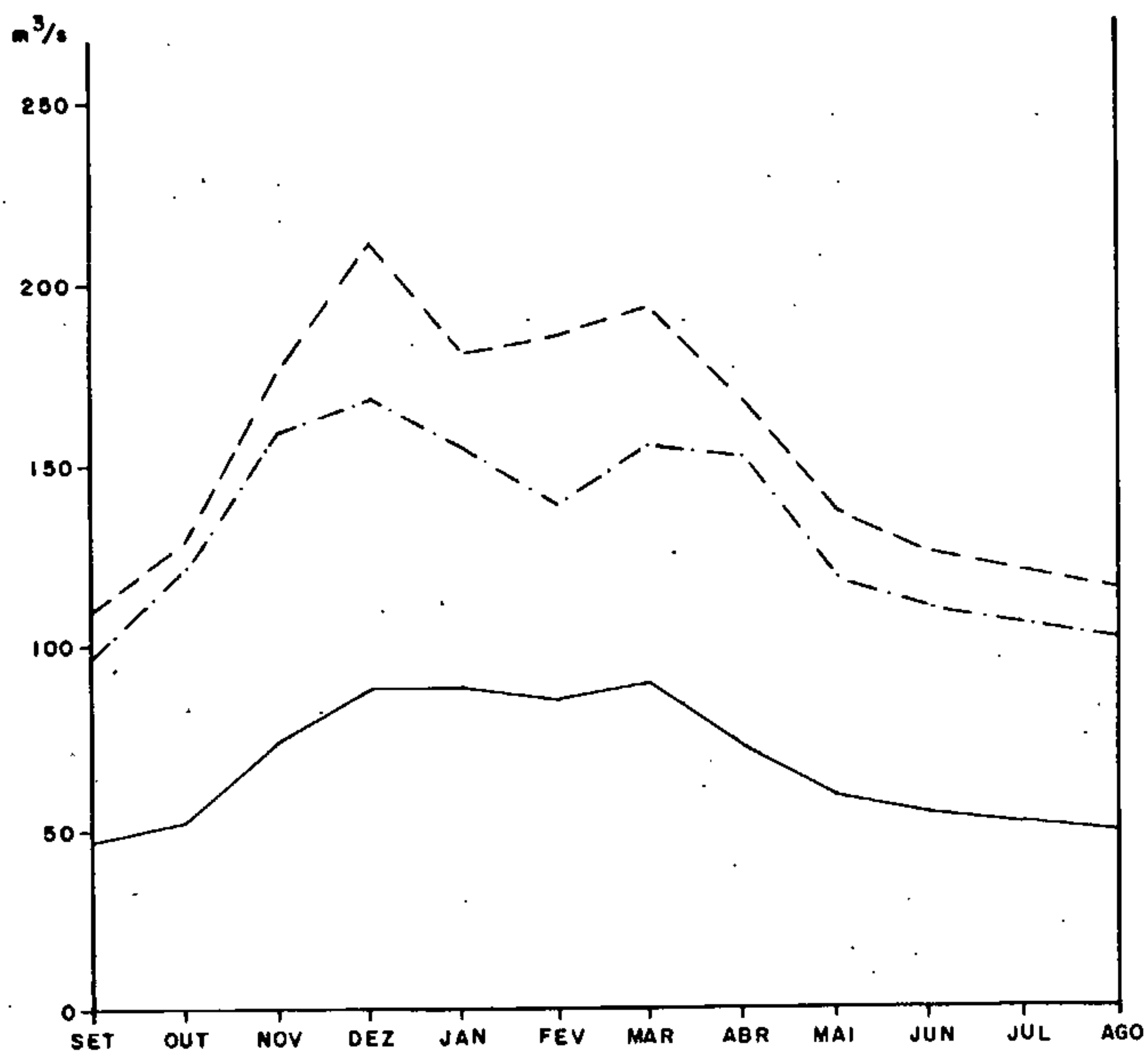
RIO
GORUTUBA

Nº DA ESTAÇÃO
44 750 000

PERÍODO
1970 - 1972

FIG. 4.18.

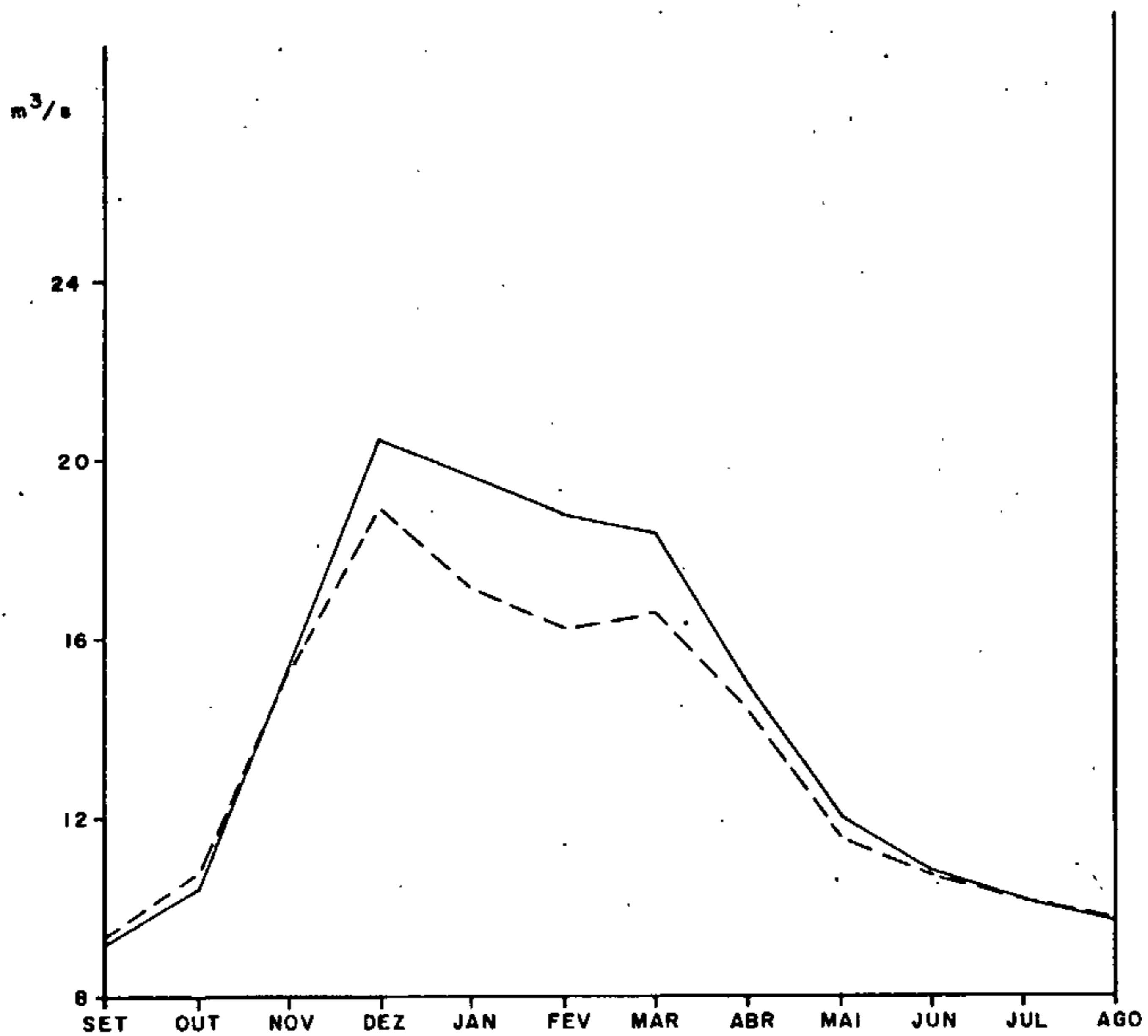
DESCARGAS MÉDIAS MENSAIS



ESTAÇÃO	RIO	Nº DA ESTAÇÃO	PERÍODO
— SÃO GONÇALO	CARINHANHA	45131 000	1947 - 1975
- - - JUVENÍLIA	CARINHANHA	45260 000	1965 - 1974
- . - LA. DAS PEDRAS	CARINHANHA	45 210 000	1970 - 1975

FIG. 4.19.

DESCARGAS MÉDIAS MENSAIS



ESTAÇÃO	RIO	Nº DA ESTAÇÃO	PERÍODO
— MONTALVÂNIA	COCHÁ	45 240 000	1956 - 1974
- - - CAPITANIA	COCHÁ	45 220 000	1951 - 1975

FIG. 4.20.

da por suas cabeceiras e atravessa o platô de mesmo nome.

A bacia do rio de Contas está representada pelas cabeceiras dos rios Brumado e Gavião que nascem na localidade denominada "Morro do Chapéu", município de Jacaraci.

4.5 Vegetação e Solos

4.5.1 Vegetação

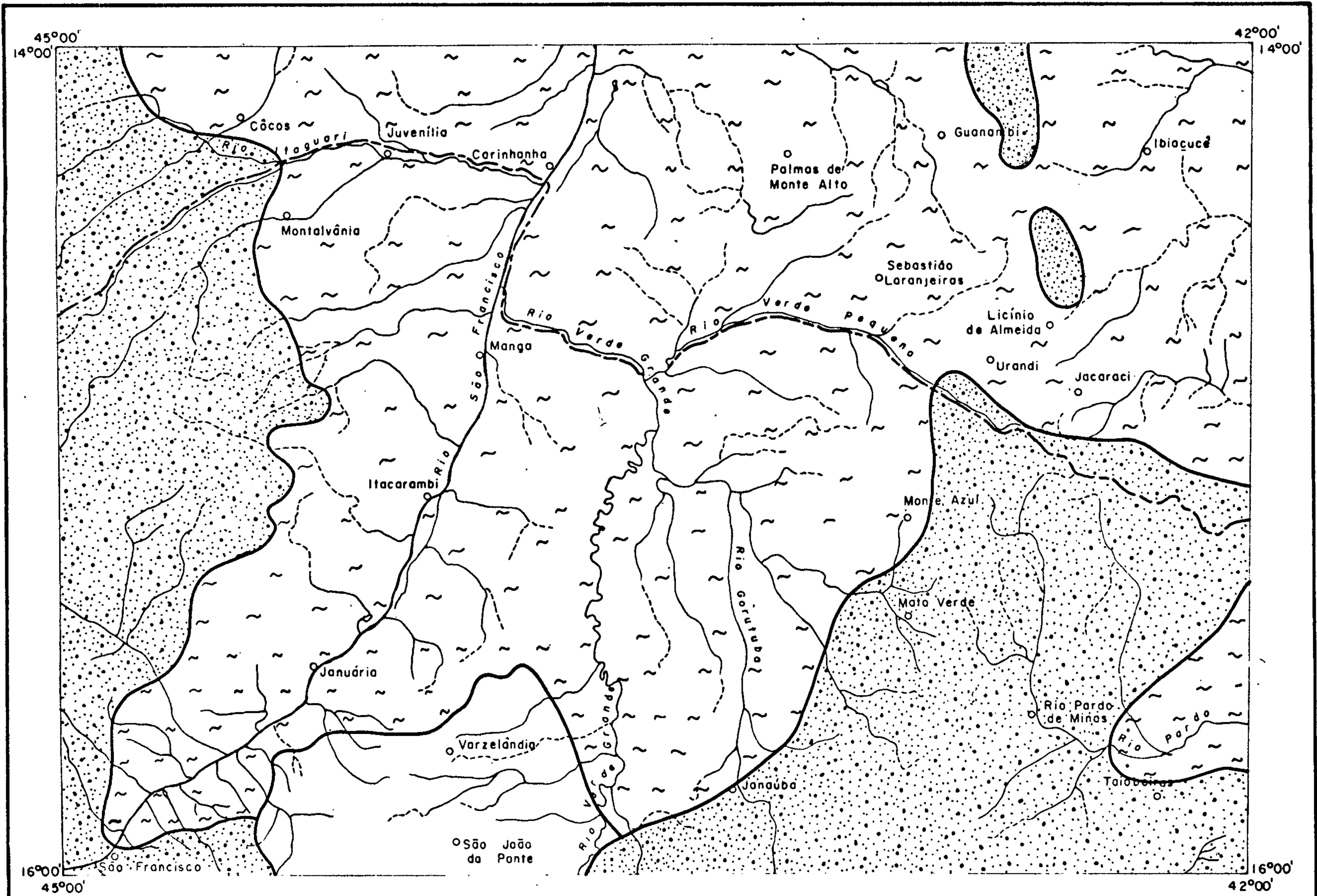
A vegetação está subordinada aos climas predominantes na área, podendo, todavia, ser influenciada, localmente, por outros fatores, tais como: relevo, solo e altitude.

As formações vegetais com maiores expressões na área são os cerrados e as caatingas. Secundariamente, ocorre, entre Januária e São João da Ponte, uma pequena faixa de floresta latifoliada. Localmente aparecem matas-galeria e veredas com palmeiras, que acompanham a drenagem. (Fig. 4.21)

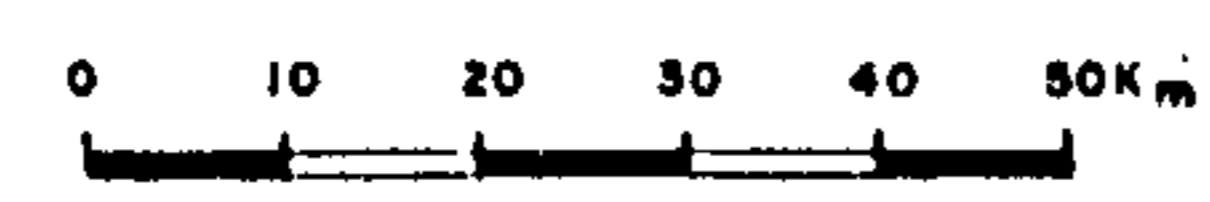
a) Cerrados

Formação não florestal, herbáceo - arbórea com árvores perenefoliadas, que ocorre subordinada ao clima 4cTh. Outros fatores existem aos quais mais estreitamente se acham ligados aos cerrados, tais como a profundidade em que se encontra o nível freático das águas subterâneas, os tipos de solos e a natureza das rochas de que são oriundos.

Os traços essenciais que caracterizam os cerrados são as árvores pequenas, cerca de 3 a 5 metros,



MAPA DE VEGETAÇÃO



ESC. GRÁFICA

LEGENDA

- - Cidade
- ~ - Drenagem permanente
- - - - - Drenagem intermitente
- - Floresta latifoliada tropical
- ~ - Catinga
- ▒ - Cerrado

FIG 421.

Fonte : IBGE

com troncos e galhos retorcidos. Em síntese, apresentam um estrato subarbóreo e outro com predominância de vegetação graminóide de 50 centímetros de altura, em média.

Ocorrem subtipos, como por exemplo os cerradões, que pelo porte dos indivíduos têm aparência de verdadeiras matas, mas que em sua composição florística conservam grande número de espécimes de cerrado. Os cerrados ralos, sob todos os seus aspectos, campo cerrado e cerradinho, até mesmo o campo sujo, constituem formas mais diluídas, sob as quais podem se apresentar os cerrados.

b) Caatinga

A caatinga ocupa geralmente as altitudes médias da bacia do São Francisco, sendo observados dois subtipos: caatingas ligadas ao clima 4cTh e ao clima 4bTh.

Na área de clima 4bTh, ela é rica em cactáceas e bromeliáceas com sinúsia arbustiva contínua. Aparecem em forma de manchas isoladas no alto rio de Contas.

Na área de clima 4cTh, a caatinga é mais branda, com menor quantidade de umbuzeiro e de xique-xique, com expressivas ocorrências de braúnas, aroeiras e angicos etc., as quais são encontradas principalmente sobre solos de calcário.

A caatinga apresenta extrema heterogeneidade não só quanto à fisionomia, mas também à composição. Por vezes ela se apresenta sob a forma de vegetal, por outras o solo permanece quase a descoberto. Apenas raros e espaçados arbustos são vistos alternando-se com grupos de bromeliáceas. Muitos outros tipos intercalam-se entre esses dois extremos.

De uma maneira geral, a caatinga apresenta uma vegetação xerofílica, constituída de arbustos espinhosos, cactáceas e bromeliáceas, que se adapta perfeitamente aos rigores da estação seca. As principais espécies vegetais que aí ocorrem são a caatingueira, macambira, umbu e ave-loz. As cactáceas mais comuns são o mandacaru e o xique-xique.

c) Floresta Latifoliada Tropical

Floresta estacional subcaducifólia tropical pluvial. Ocupa pequena parte no centro-sul da área e é caracterizada por árvores de grande porte e caules delgados. A estrutura dessa floresta é variável e sua composição é ainda muito mal conhecida.

4.5.2 Solos

Tomando-se por base a carta pedológica regional para Sudeste, identificam-se na área três associações de solos, cujas características principais trataremos a seguir.

a) Associação de Solos Relacionados com Zona de Caatinga

Na composição desta unidade tem-se como solo principal, por considerar-se o mais representativo das condições ambientais vigentes, o Mediterrâneo Vermelho-Amarelo. Entre os demais solos dessa unidade constata-se o latossolo com textura argilosa, proveniente da decomposição de rochas em clima úmido.

b) Associação de Solos Relacionados com os Cerrados do Brasil Central e Sudeste.

Ocupa a maior extensão da área, e tem sua ocorrência vinculada ao domínio dos cerrados do Brasil Central e seus prolongamentos, ocupando não só áreas de diversas modalidades de cerrados, como também áreas de campos e cobertura vegetal do tipo florestal.

Os solos dominantes são o latossolo vermelho escuro, textura argilosa e areias vermelhas e amarelas, solos concrecionais lateríticos.

c) Associação de Solos Relacionados com Rochas Resistentes nas Altas Superfícies do Espinhaço

Unidade típica de áreas de topografia acidentada, em geral abrangendo cristas e vertentes bastante íngremes, vez por outra englobando platôs de extensão reduzida, estando quase invariavelmente confinada a rochas de caráter resistente à meteorização, como quartzitos, itabiritos e determinados xistos.

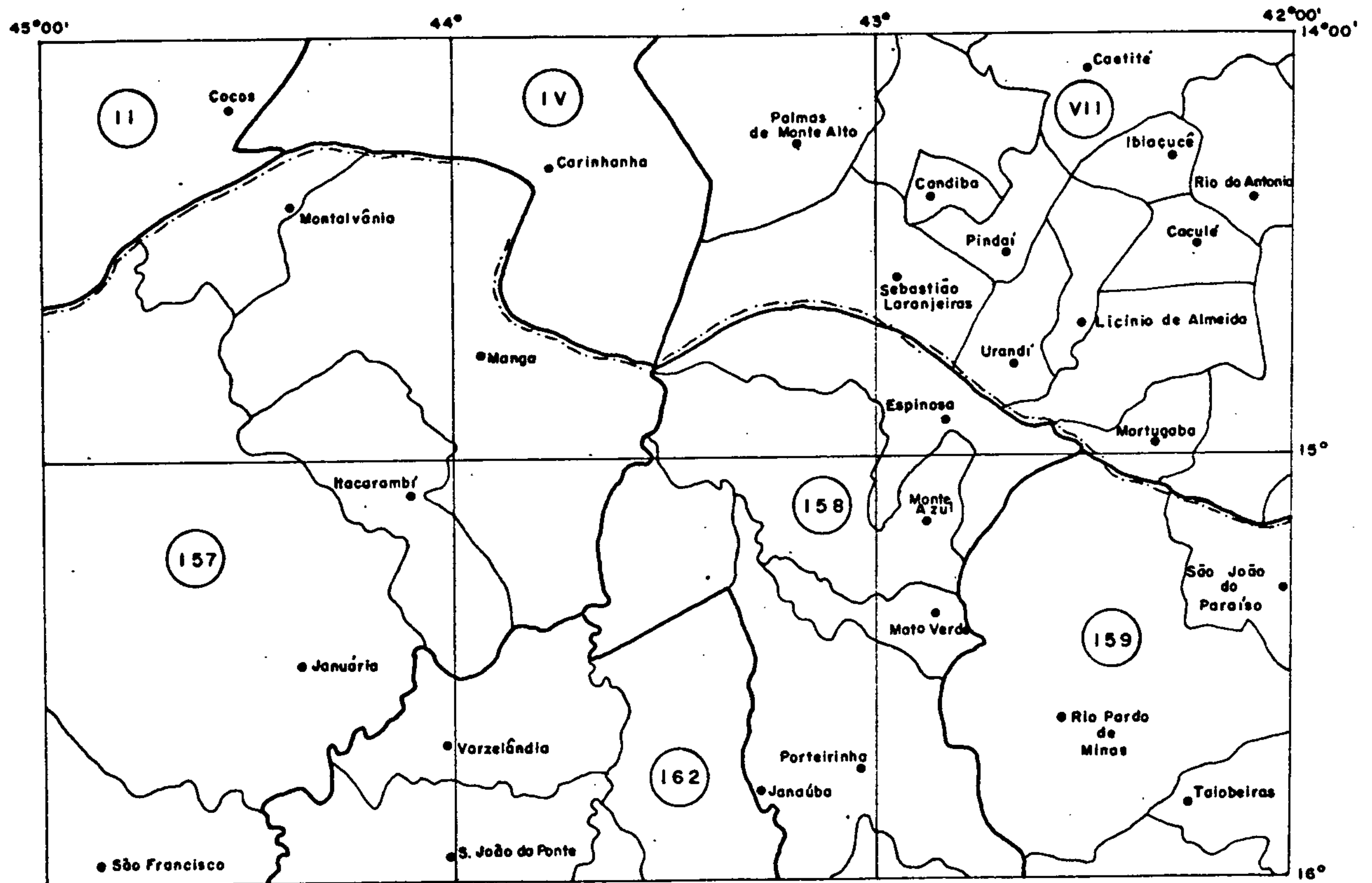
De um modo geral, os integrantes principais desta região são latossolo e afloramentos de rochas quartzíticas e itabiritos.

4.6 Aspectos Sócio-econômicos

4.6.1 População, Rebanho e Economia Regional

De acordo com a divisão do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, sete micro-regiões homogêneas (Fig. 4.22) integram a área da folha, sendo quatro no Estado de Minas Gerais e três no Estado da Bahia,

DIVISÃO MUNICIPAL
 MICRO - REGIÕES HOMOGÊNEAS
 Fonte: IBGE



LEGENDA

- — — — — LIMITE INTERMUNICIPAL
- — — — — LIMITE DAS MICRO - REGIÕES
- — CIDADE
- - - - - LIMITE ESTADUAL

ESCALA GRÁFICA



FIG.4.22

a saber:

- a - Sanfranciscana de Januária - nº 157
- b - Serra Geral de Minas - nº 158
- c - Alto Rio Pardo - nº 159
- d - Montes Claros - nº 162
- e - Chapada do rio Corrente - nº II
- f - Médio São Francisco - nº IV
- g - Serra Geral da Bahia - nº VII

A população da área, por município das micro-regiões, discriminada em urbana e rural, conforme o IBGE 1975, está indicada no quadro nº 4.8.

Para o período de 1970 a 1975, a região apresentou uma taxa de crescimento populacional de 4,7%. As densidades demográficas relativas a 1975 estão no quadro 4.9.

Economicamente, a região se destaca pela sua elevada potencialidade agropecuária e industrial. O posicionamento estratégico da região, em área da SUDENE, de terras férteis e irrigáveis, aponta para ela um futuro promissor. A instalação do maior complexo açucareiro da América Latina pelo Grupo "OMETTO", no município de Manga, e os arrojados projetos de irrigação da Ruralminas e do DNOCS já abreviam este futuro. Por hora, o lamentável desmatamento, visando ao carvoejamento, tem dilapidado a outrora excelente reserva madeireira da região. Atenuando este fato, surgem em seu lugar as pastagens, que garantem uma situação privilegiada da pecuária de corte. O quadro 4.10 mostra a distribuição do rebanho e aves.

A boa qualidade dos solos coloca a agricultura regional em plano de destaque, notadamente nas áreas ribeirinhas do rio São Francisco, nas zonas calcárias e

QUADRO 4.8 - DENSIDADE DEMOGRÁFICA E DEMANDA D'ÁGUA

MICRO - REGIÃO	ÁREA (km ²)	POPULAÇÃO (km ²)	DENSIDADE (hab/km ²)	DEMANDA D'ÁGUA (em milhões de m ³ /ano)
MG - 157	21.560	185.408	8,60	17,0
MG - 158	10.930	115.495	10,57	8,5
MG - 159	8.330	56.168	6,74	4,10
MG - 162	6.930	110.310	15,92	10,00
BA - II	3.100	15.866	5,12	0,58
BA - IV	5.360	38.582	7,20	1,8
BA - VII	15.360	226.251	14,73	20,6

QUADRO 4.9 - POPULAÇÃO ESTIMADA (1975)

ESTADO	MICRO-REGIÃO	MUNICÍPIO	POPULAÇÃO			
			URBANA	RURAL	TOTAL	
MINAS GERAIS	SANFRANCISCANA DE JANUÁRIA - 157 -	Itacarambi	1.990	11.176	13.166	
		Januária	13.605	49.010	62.615	
		Manga	2.536	22.128	24.646	
		Montalvânia	2.663	31.795	34.458	
		São Francisco	6.445	44.060	50.505	
	SERRA GERAL DE MINAS - 158 -	Espinosa	4.575	24.802	29.377	
		Mato Verde	3.380	10.422	13.802	
		Monte Azul	5.962	22.500	28.462	
		Porteirinha	4.375	37.391	41.766	
		*Riacho dos Machados	-	2.088	2.088	
	ALTO RIO PARDO - 159 -	Rio Pardo de Minas	1.380	36.275	37.655	
		*Salinas	-	3.272	3.272	
		São João do Paraíso	996	5.238	6.234	
		Taiobeiras	4.343	4.664	9.007	
	MONTES CLAROS - 162 -	*Capitão Eneas	-	1.004	1.004	
		Janaúba	13.605	37.010	50.615	
		São João da Ponte	2.141	29.295	31.436	
		Varzelândia	1.766	25.490	27.256	
	BAHIA	CHAPADA DO RIO CORRENTE - II -	Côcos	2.645	11.869	14.514
			*Coribe	-	802	802
*Correntina			-	550	550	
MÉDIO SÃO FRANCIS CO - IV -		Carinhanha	3.577	16.003	19.580	
		Malhada	3.435	15.567	19.002	
SERRA GERAL DA BAHIA - VII -		Caculé	5.949	7.973	13.922	
		Caetité	10.053	32.865	42.918	
		Candiba	2.287	10.053	12.340	
		*Condeúba	-	13.630	13.630	
		Guanambi	15.076	21.566	36.642	
		Ibiatucê	1.179	9.543	10.722	
		Jacaraci	1.627	12.613	14.240	
		Lucínio de Almeida	3.823	10.390	14.213	
		Mortugaba	1.702	7.753	9.455	
		Pindaí	1.401	12.788	14.189	
	Rio do Antônio	1.633	6.314	7.947		
	Sebastião Laranj.	1.091	5.182	6.273		
Urandi	1.902	11.566	13.468			
Palmas de M. Alto	2.019	14.273	16.292			

IBGE - 1975

* Sede municipal fora da folha

População total da folha 748.080

QUADRO 4.10 - REBANHO E AVES

MICRO - REGIÃO	BOVINO	SUINO	CAPRINO	OVINO	AVES
MG - 157	367.297	90.194	8.878	21.531	318.614
MG - 158	207.637	45.061	1.967	5.291	258.943
MG - 159	63.385	20.034	784	2.776	95.016
MG - 162	300.748	47.229	2.111	4.876	177.766
BA - II	37.002	13.153	12.645	15.837	53.107
BA - IV	54.444	28.548	8.692	12.137	53.093
BA - VII	234.775	155.227	28.140	44.561	567.591

em Espinosa, Monte Azul, Mato Verde e Porteirinha. Na região do embasamento cristalino é considerável a produção de cana de açúcar, algodão, mamona, feijão, arroz, milho, mandioca, cebola, amendoim e frutas como: manga, melancia, pequi e umbu.

4.6.2 Geologia Econômica

O quadro 4.11 apresenta os depósitos principais e ocorrência do Pré-Cambriano Superior.

Quadro 4.11 - Depósitos principais e ocorrências

	Super Grupos	Grupos	Depósitos Minerais
Pré- Cambriano	São Francisco	Bambuí	Manganês Pb, Zn, Ag, V Fluorita Calcário
		Macaúbas	Ferro
Superior	Espinhaço	Superior	Manganês
		Médio	Quartzo Ametista
		Inferior	Ouro

5. GEOLOGIA

5.1 Generalidades

A folha Brasília-SE cobre uma área de aproximadamente 71.500 km² e apresenta três domínios estratigráficos, abrangendo na região ocidental, uma cobertura tabular mesozóica e cenozóica; na faixa central pericratônica, o craton São Francisco a sudeste e o platô do Alto Rio Pardo e, finalmente, a nordeste o Pré-Espinhaço (Fig. 5.1).

O Domínio I, compreende o craton São Francisco com cobertura restrita do Cretáceo e Terciário-Quaternário.

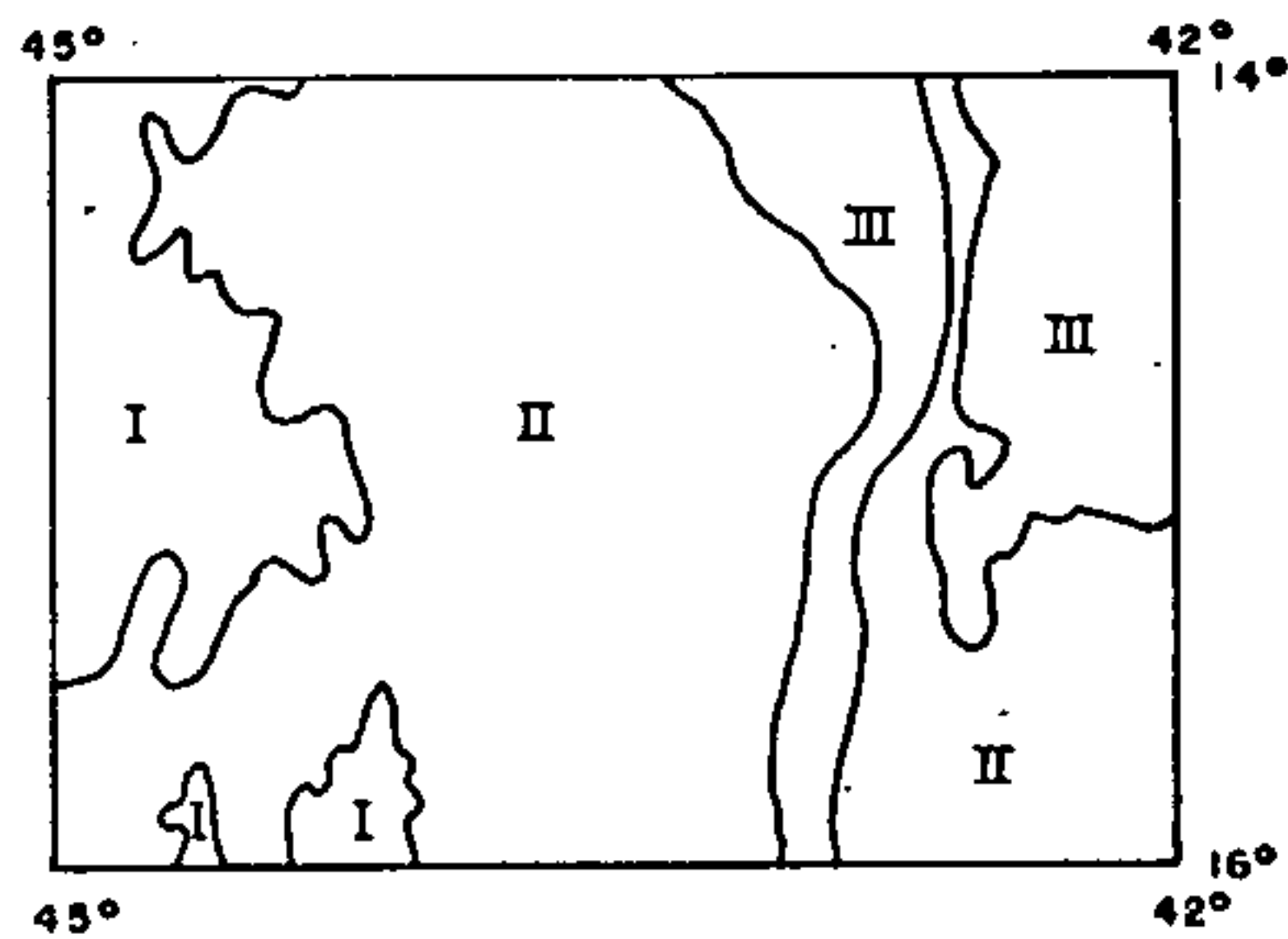
O Domínio II, compreende:

- a - o Grupo Bambuí, nas zonas pericratônicas e cratônicas
- b - o Grupo Macaúbas na zona pericratônica e no Platô do Alto Rio Pardo
- c - faixa de dobramento miogeossinclinal e sub-geoanticlinal do Espinhaço (Super Grupo Espinhaço, dividido em Grupos inferior, médio e superior).

O Domínio III abrange as áreas de ocorrência dos complexos metamórficos, migmatíticos e plutônicos do Pré-Espinhaço. Ocorrem granodioritos em Taiobeiras. As intrusivas ácidas e intermediárias pertencem ao Pré-Espinhaço e intrusivas básicas distribuem-se na região nordeste da folha.

No período Pré-Espinhaço há desenvolvimento de xistos verdes, itabiritos, anfibolitos, metatexitos, etc., migmatização e plutonização.

DOMÍNIOS ESTRATIGRÁFICOS



DOMÍNIOS

- I - COBERTURA TABULAR PALEÓZOICA E PÓS-PALEOZOICA.
- II - CRATON DO SÃO FRANCISCO, ZONA PERICRATÔNICA, FAIXA DE DOBRAMENTO ESPINHAÇO E PLATÔ DO ALTO RIO PARDO.
- III - PRÉ-ESPINHAÇO.

Escala 1:5000 000

FIG. 5.1.

No período Pré-Cambriano, Super Grupo Espinhaço, a sedimentação é epiclástica, predominantemente arenosa e no Super-Grupo São Francisco, após a sedimentação Macaúbas, é evidente o regime dos carbonatos.

A descrição da geologia e o mapeamento geológico, para a folha 31, foi o resultado de um resumo do livro texto fase II, volume I, do relatório final do Projeto Leste do Tocantins/Oeste do Rio São Francisco (1976-CPRM-DNPM-PROSPEC).

5.1.1 - Comentários Gerais - Histórico

As formações do Espinhaço e adjacências foram denominadas de Série Minas por Derby (1906).

Harder e Chamberlain (1915) colocam os quartzitos associados a conglomerados em Diamantina, como sendo da Série Minas. Eles foram classificados como unidades mais novas do que a Série Minas por Derby e D. Guimarães (1931), que correlacionaram esses mesmos quartzitos à Série Itacolomi, uma formação superior da Série Minas. L.J. Moraes (1937) adota a divisão de D. Guimarães, classificando as rochas quartzíticas que ocorrem no quadrante sudoeste da folha, no topo das serras Geral e Gineta, como Série Itacolomi. Freyberg (1932) usou a denominação de Formação Espinhaço, deixando de correlacioná-la com as rochas que ocorrem no Quadrilátero Ferrífero.

Uma outra classificação foi sugerida por Barbosa (1954), colocando os quartzitos na base da Série Minas, em consonância com Harder e Chamberlain (1915).

Schobbenhaus e Kaul (1967) tentam correlacionar algu

mas formações da região de Ibitiara com o Grupo Lavras e de outras subjacentes vulcânicas ácidas intermediárias, denominadas em 1970, pelos mesmos autores, de Complexo Rio dos Remédios com o Grupo Itacolomi.

Na reunião de técnicos da CPRM, DNPM e PROSPEC, realizada em Salvador, (set/out de 1974) e, posteriormente, em Petrópolis (jan. de 1975), com a finalidade de integração de dados do Projeto LETOS e Projeto Sul da Bahia, (integrado) ficou estabelecida a denominação de Super Grupo Espinhaço para as rochas metassedimentares e vulcânicas ácidas que ocorrem na serra do Espinhaço, sendo que a base seria constituída por quartzitos, rochas vulcânicas ácidas e conglomerados polimictos. As rochas do Super Grupo São Francisco e do platô do Alto Rio Pardo fazem parte do limite superior discordante que constitui o Pré-Espinhaço.

O Quadro abaixo ilustra a correlação que foi feita por Schobbenhaus e Kaul (1971), Grupos e Formações que foram compatibilizados com a folha 27.

SCHOBENHAUS E KAUL (1971)				DNPM/CPRM/PROSPEC (1975)			
SUPER GRUPO MINAS				SUPER GRUPO ESPINHAÇO			
FACIES OCIDENTAL		FACIES ORIENTAL		PRÉ-CAMBRIANO SUPERIOR			
GRUPO	FORMAÇÃO	GRUPO	FORMAÇÃO				
SANTO ONOFRE	Santo Onofre (PC'ao)	CHAPADA DIAMANTINA	Guariba			Espinhaço Superior	Morro do Chapéu Caboclo
	São Marcos (PC'am)		Morro do Chapéu			Espinhaço Médio (PC'am)	Unidades litológicas
	San Retiro		Caboclo				
	Pajeú		Ipupiara Mangabeira Curicuri de Ouro	Espinhaço Inferior (PC'am)	Complexo Rio dos Remédios e unidades litológicas		
	Boqueira		Complexo Rio dos Remédios				
ENCASAMENTO				ASSOCIAÇÃO PRÉ-ESPINHAÇO			
(gr. 21, 51/2)				(PC'pe)			
FOLHA 27				FOLHA 31			

O termo Bambuí foi proposto por Rimann (1917) em concordância com a sugestão de H.E. Williams, segundo cita D. Guimarães, e foi adotado até a época atual, apesar de Derby (1880) ter usado a designação de "São Francisco" para o mesmo conjunto.

Rimann, mais tarde Freyberg (1932) admitiram na Série Bambuí a existência de camadas dobradas e camadas horizontais.

Freyberg, adotando sugestão de Rimann, subdividiu a Série Bambuí em "Camadas Indaiá", essencialmente dobradas, e "Camadas Gerais", embora falhadas, apresentam-se horizontais.

J.J.R. Branco e M.T. da Costa (1960) apresentam a primeira divisão estratigráfica para o Grupo Bambuí durante o XX Congresso Brasileiro de Geologia, dividindo-o em 3 Formações: Carrancas (filitos e conglomerados), Sete Lagoas (calcários) e Rio Paraopeba no topo, compreendendo os membros Serra de Santa Helena (ardósia), Lagoa do Jacaré (siltitos e leitos de calcário), Três Marias (siltitos e arenitos arcóscicos) e Serra da Saudade (siltitos e ardósia), cuja classificação satisfaz para o sul da bacia do São Francisco, mas para as outras regiões não foi possível o emprego da classificação de Branco e Costa, adotando-se Formação Três Marias, Facies Indaiá, Facies Sete Lagoas e Formação Paranoá.

Braun (1966) resume e estratigrafia do Bambuí em três Formações: Formação Três Marias (Superior); Paraopeba,

(incluindo os membros, Serra da Saudade, Lagoa do Jacaré, Serra de Santa Helena, Facies Sete Lagoas e parte do Grupo Canastra) e Formação Paranoá (abrangendo o quartzito Paranoá e outros). Foi adotada no presente trabalho a divisão proposta por Oscar Braun.

5.2 Associação Pré-Espinhaço

Nas planícies de Caculé e Guanambi (BA), dos lados leste e oeste da serra do Espinhaço, estão distribuídos os plutônitos félsicos e intermediários. Do lado oeste da serra, o correm como uma faixa contínua, a leste de Monte Azul, com direção SW-NE, e do lado leste da serra Espinhaço, formando uma faixa contínua com direção NNE-SSW, desde o sul de Caetité.

Os plutônitos que ocorrem na Bahia e Minas Gerais são de composição variável, encontrando-se granitos, granodioritos, tonalitos, monzonitos e sienitos.

Os metatexitos ocorrem desde o sul de Porteirinha até norte de Monte Azul, estreitando-se para norte em uma faixa desde leste de Espinosa até Lagoa Real.

As rochas do complexo metamórfico estão distribuídas a leste e oeste da serra do Espinhaço, desde Porteirinha até Lagoa Real, geralmente sob forma de corpos lenticulares alongados, encaixados nos metatexitos, seguindo a direção geral da serra do Espinhaço.

Ocorrem escarnitos a NE de Caculé, do lado leste da serra do Espinhaço, a NW de Urandi, lado oeste da serra do Espinhaço, a SW de Caetité e SE de Porteirinha. No granito de

Caetité são encontradas lentes de "hornfels". Os "green schists" e magnesianos aparecem de um lado e outro da serra do Espinhaço, desde o sul de Porteirinha até Caetité (Fig. 5.2).

A composição dos metatexitos varia entre tonalítica granodiorítica, granítica e aplítica, sendo plagioclásio gnaisses, biotita-plagioclásio gnaisses, hornblenda-plagioclásio gnaisses, microclina-plagioclásio gnaisses e microclina gnaisses.

O complexo máfico-ultramáfico é representado por corpos lenticulares de talcoxistos ou por corpos isolados de serpentinitos, hornblenditos, piroxenitos, dunitos e gabros. São corpos que aparecem encaixados nos metatexitos ou em rochas do Grupo Espinhaço Médio.

Uma faixa granítica, migmatítica leucocrática, com plagioclásio, quartzo, pouca biotita e microclina, fortemente dobrada, cataclasada e laminada, com lentes miloníticas, ocorre no bordo leste da serra do Espinhaço, e, desde Caetité e Guanambi, passando por Espinosa, Monte Azul, Mato Verde e Porteirinha, numa extensão de quase 300 km por 30 km de largura, até a folha 33. Esta faixa separa o complexo granitóide, que ocorre no canto sudeste da folha, do sinclínório de sedimentos e metassedimentos do Grupo Macaúbas e do Super Grupo Espinhaço.

O complexo granitóide de Taiobeiras ocorre no canto sudeste da folha, aparentemente intrusivo, apresenta variações de composições de granodioritos, adamelitos e granitos com frações aplíticas e pegmatíticas. Estende-se para sul, na folha 33, com a denominação de Complexo Granitóide de Medina,

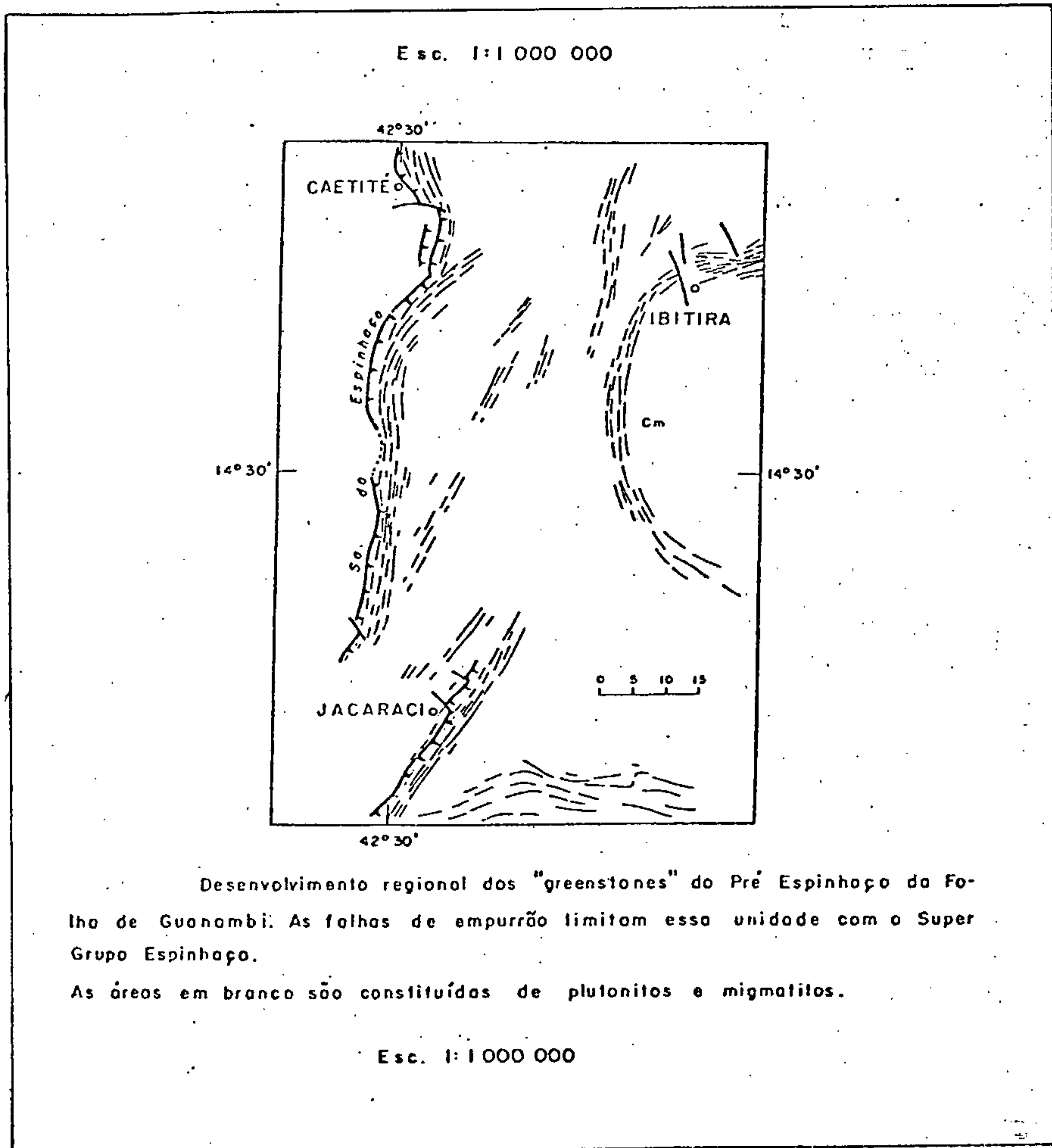


FIG. 5.2.

em contato com xistos e biotita-gnaisses.

5.2.1 Associação gnáissica-migmatítica

Ocorre no canto SE da folha Brasília-SE, caracterizada por predominância de xistos carbonáticos, xistos com anfíbolitos, quartzo-xistos, conglomerados polimícticos com matriz carbonática e seixos de quartzitos, gnaisses, granitos, vulcânicas ácidas e básicas, que ultrapassam o limite da folha 31 no paralelo 16^o, estendendo-se até a folha 33.

As rochas dessa Associação gnáissica-migmatítica, correlacionadas por alguns autores à Associação Barbacena, são ainda de idade indeterminada.

5.3 Super Grupo Espinhaço

Subdivide-se nos Grupos Espinhaço Inferior, Médio e Superior.

5.3.1 Grupo Espinhaço Inferior

Ocorre nos flancos ocidental e oriental da serra do Espinhaço, apresentado vulcânitos félsicos e piroclastos diversos, com variações texturais, metamórficas e composicionais.

As rochas do Grupo Espinhaço inferior ocorrem a leste de Mato Verde (ao longo da estrada para Rio Pardo de Minas) e a leste e nordeste de Monte Azul. A base do grupo é caracterizada por metaconglomerado basal, com seixos de gnaisse em matriz de quartzo e mica, pouco feldspato, que passa a quartzo-xistos de granulação fina, tonalidade esverdeada (fuchsite-xistos) e quartzitos sericíticos, esverdeados. No topo, aparecem vulcânitos ácidos e aglomerados vulcânicos. O contato superior se faz com quartzitos puros, discordantes, do Grupo Espinhaço Médio.

Na região da borda oriental da serra do Espinhaço, entre Licínio de Almeida e Urandi, ocorrem quartzitos xistificados, associados a fuchsite-quartzitos.

5.3.2 Grupo Espinhaço Médio

O Grupo Espinhaço Médio abrange a faixa de dobramento de Domínio II (Fig. 5.1) e Platô do Alto Rio Pardo.

O Platô do Alto Rio Pardo, limita-se a oeste com unidades do Espinhaço Superior, ao sul e sudeste com o Grupo Macaúbas. De Rio Pardo de Minas a Caetité ocorrem:

- a - quartzitos micáceos e xistos com biotita granada e/ou cianita e/ou estauroлита com metaconglomerado na base;
- b - biotita-quartzito e quartzo-biotita-xisto
- c - ortoquartzitos brancos de granulação média, níveis de marcas ondulares e conglomerados.

Os contatos geológicos nessa região são sempre a través de falhamentos inversos: a oeste com o Grupo Espinhaço Superior, a leste com o Grupo Espinhaço Inferior e Médio e com o Pré-Espinhaço; conforme se pode observar no perfil geológico transversal à serra do Espinhaço, em Brejinho das Ametistas, município de Caetité. (Fig. 5.3)

5.3.3 Grupo Espinhaço Superior

A região de ocorrência de rochas do Grupo Espinhaço Superior na folha 31, estende-se desde a localidade de Pai Pedro, município de Porteirinha, até os municípios de Sebastião Laranjeiras e Caetité, ao norte.

O contato ocidental da faixa do Grupo Espinhaço Superior se dá com as unidades litológicas do Espinhaço Médio. A leste e nordeste, esses contatos são de falha ou encobertos e a sudeste, com os diamictitos do Grupo Macaúbas.

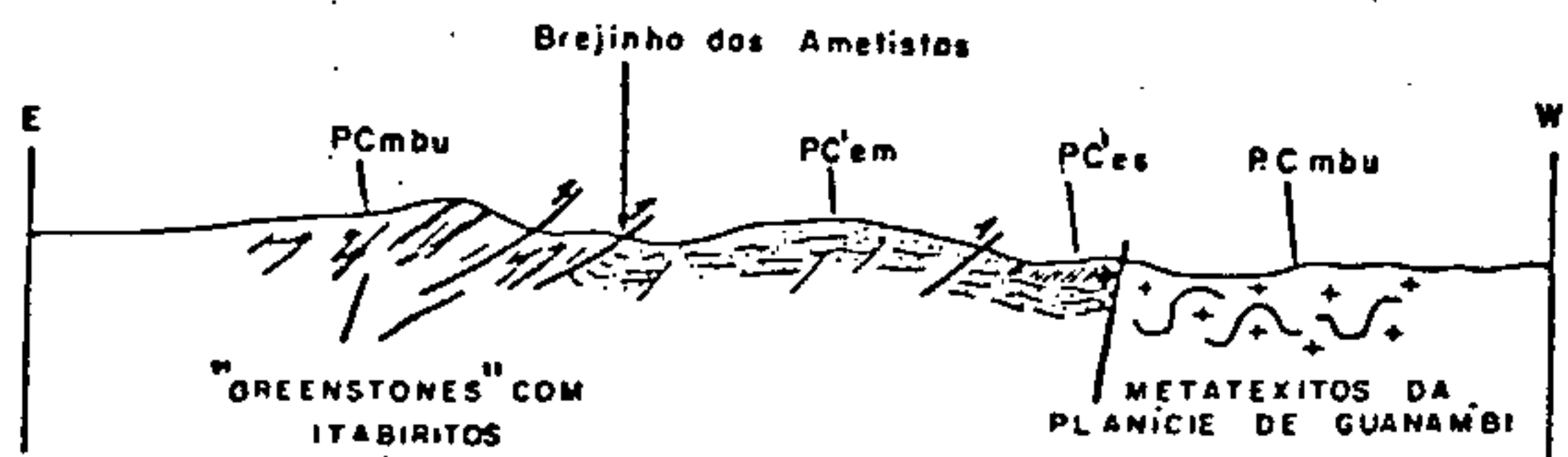


Fig. nº 5.3.- Seção esquemática transversal à serra do Espinhaço em Brejinho das Ametistas, mostrando o sistema de falhas inversas entre o Pré-Espinhaço (PCmbu) e o grupo Espinhaço Médio (PCem), e entre este e o Espinhaço Superior (PCes). Notar que a envolvente regional é sub-horizontal.

Na zona Pericratônica do São Francisco- O Grupo Espinhaço Superior foi mapeado no Projeto "LETOS" como uma unidade indivisa, compreendendo a serra de Palmas de Monte Alto e serras Central (leste de Monte Azul).

O Grupo se compõe de uma sequência variada de arenitos impuros e metapelitos com cores roxa, marrom e cinza azulado, siltitos marrons com lâminas arenosas feldspáticas e argilosas. Os arenitos são de cores claras, mal classificados, muscovíticos e feldspáticos.

Na serra do Ramalho, aparecem camadas de quartzito conglomerático, ou mataconglomerado intraformacional, de sericita-quartzítica, com metavulcanitos ácidos. Os quartzitos são pouco a bastante sericíticos de granulações fina a média, cor branca a cinza amarelada, às vezes altamente cataclásticos. A fig. 5.4 evidencia as feições estruturais, mesoscópicas, do Super Grupo Espinhaço ao longo do corte da estrada de ferro entre Urandi e Licínio de Almeida.

5.4 Rochas Intrusivas Básicas

As intrusivas básicas encaixam-se no Grupo Espinhaço Inferior e Médio, sob a forma de dique, "stocks", lapólitos, lacólitos e sills. No Espinhaço Médio ocorrem inclusões de plutonitos concordantes nas camadas pelíticas e calco-pelíticas, produzindo "hornfels" e rochas escarníticas nas encaixantes. Na estrutura dômica de Jacaraci ocorrem lacólitos. A sudeste da serra de Palmas do Monte Alto as intru

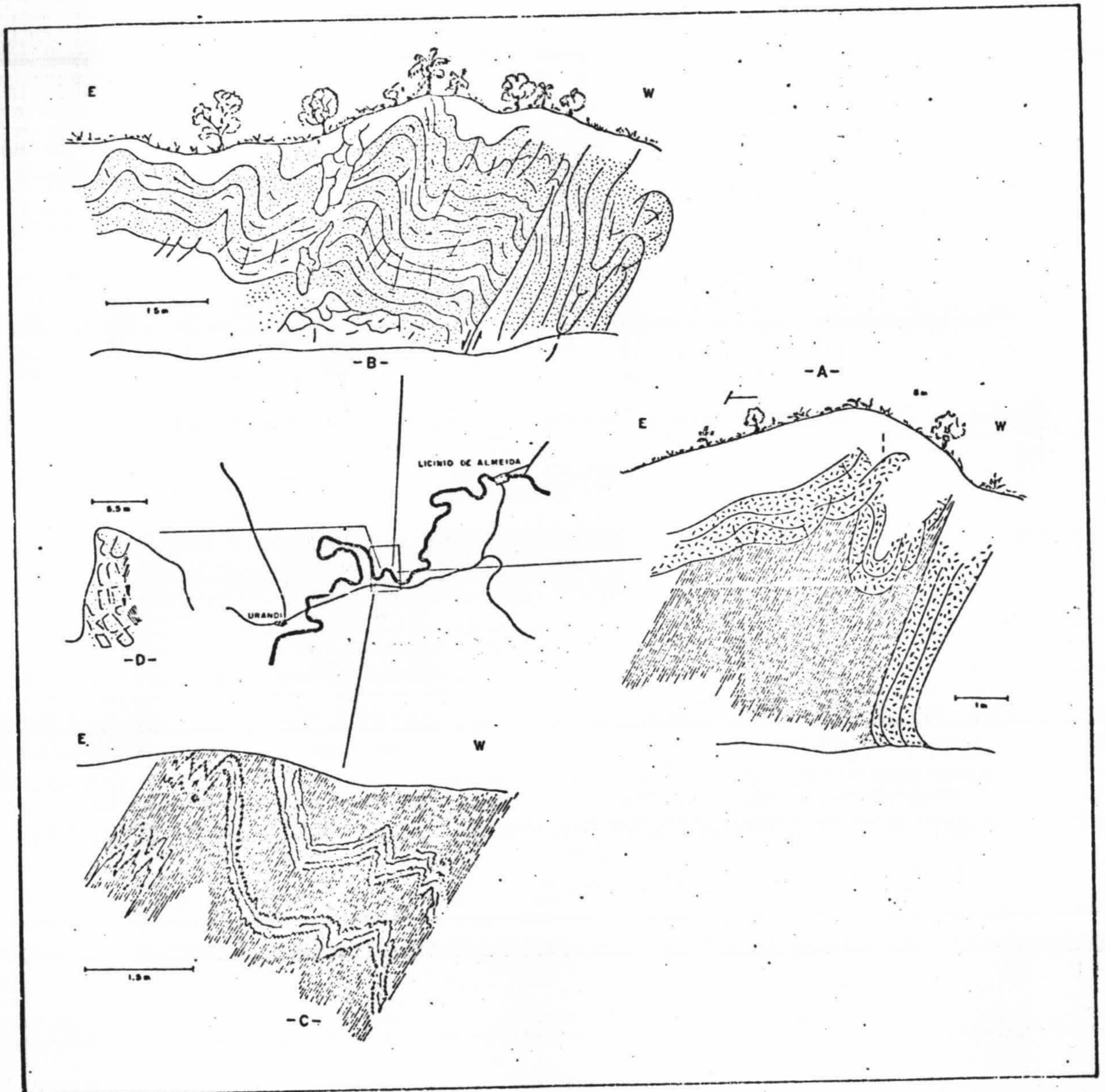


FIG. 54.

sões básicas não apresentam forma definida. Do lado leste da serra do Espinhaço, observam-se diabásios e epidioritos, no quadrante nordeste da folha, principalmente ao sul de Ibitira.

5.5 Complexo Granitóide

O complexo granitóide ocorre no canto sudeste da folha, aparentemente intrusivo, com variações de composições de granodioritos, adamelitos e granitos com frações aplíticas e pegmatíticas. Há predominantemente biotita-gnaisses, xistos e anfibolitos subordinados.

5.6 Super Grupo São Francisco

Engloba o Grupo Bambuí e o Grupo Macaúbas.

5.6.1 Grupo Macaúbas

O Grupo Macaúbas distribuiu-se na zona pericratônica do São Francisco, discordantemente sobre unidades do Grupo Espinhaço Superior, no flanco SW da serra de Monte Alto, no contato da falha com essa mesma unidade ao longo das bordas das serras Central e de Janaúba, discordantes também sobre o Pré-Espinhaço, a oeste de Porteirinha. Na região do Platô do Alto Rio Pardo, o Grupo Macaúbas faz contato indefinido e encoberto com unidades dos Grupos Espinhaço Médio e Espinhaço Superior, estendendo-se à folha 33, direção NE-SW.

Na região a oeste de Porteirinha, ocorrem metasiltitos e quartzitos, sendo que a unidade dominante em ou

tras áreas da folha é de paraconglomerados diversos epimetamorfizados (diamictitos).

O diamictito é uma rocha cinzenta, quando fresca, amarela ou avermelhada, quando alterada, com seixos de vários tamanhos de: quartzitos, quartzo leitoso, gnaisses, granitóides, diabásio, mármore dolomítico, vulcânitos, siltitos numa matriz quartzo-micácea.

Os diamictitos apresentam estrutura cataclástica, aspecto conglomerático, sendo constituídos por quartzo, argila sericítica, clorita, carbonato, biotita muscovitizada, magnetita, hematita, raramente granada e turmalina.

Os seixos ou "boudins" que dão aspecto de conglomerados aos diamictitos, são compostos de quartzitos, carbonatos, rocha quartzo-feldspática, gnaisse e calcário dolomítico.

Os diamictitos apresentam comportamento diferente quanto à sua mineralogia de um lado e outro da serra do Espinhaço, como seja:

- no bordo oriental nota-se a presença de biotita muscovitizada, magnetita, hematita;
- no bordo ocidental, que constitui a faixa de metassedimentos, observa-se a presença de quartzo, argila, sericita, clorita e carbonato, de mineralogia sempre constante.

Junto às chapadas e nos locais mais altos, os diamictitos são mais areno-argilosos, com lentes de quartzito impuro, pouco conglomerático, e, nas partes de topografa

fia mais baixa, os diamictitos apresentam-se mais carboná-
ticos e conglomeráticos, sendo que a biotita ocorre em grande
quantidade, disposta em palhetas finas segundo a foliação
cataclástica.

No Platô do Alto Rio Pardo, ocorre o Grupo Macaúbas
(região de Taóibeiras e São João do Paraíso), com metarcósios
e metagrauvacas conglomeráticas, com níveis de ortoconglome-
dos polimíticos. As metagrauvacas são de granulação fina, bio-
títicas, com quartzo, plagioclásio e calcita, subordinadamente
sericita e granada. Há importantes intercalações de minério
de ferro nos diamictitos na bacia do rio Peixe Bravo.

5.6.2 Grupo Bambuí

O Grupo Bambuí na folha 31 (Brasília-SE), esten-
de-se pelos Estados de Minas Gerais e Bahia, na bacia hidro-
gráfica do rio São Francisco, cobrindo cerca de 1/3 dela. Ul-
trapassa os limites da folha na serra do Ramalho, localidade
de Côcos e Ramalho ao norte, em São Francisco, São João da
Ponte e Janaúba ao sul. A oeste o contato se faz ao longo das
bases das escarpas de erosão do Cretáceo (arenito Urucuia) e
a leste na serra do Espinhaço.

No quadrante NW da folha, o Grupo Bambuí apresenta
calcário maciço, cinza claro e escuro, granulação fina, bem
cristalizado, com evidência de recristalização incipiente,
cortado por veios de calcita ao longo das fraturas, em por-
ções oolíticas. As dolinas e os sumidouros são comuns na regi-
ão.

É comum a mineralização da fluorita ao longo das

serras do Parrela (Montalvânia), serra Iuiú e serra do Ramalho.

Na figura nº 5.5 mapa de facies e com perfis estratigráficos, evidenciam-se as variações litológicas e sua sedimentação.

5.6.2.1 Zona Cratônica

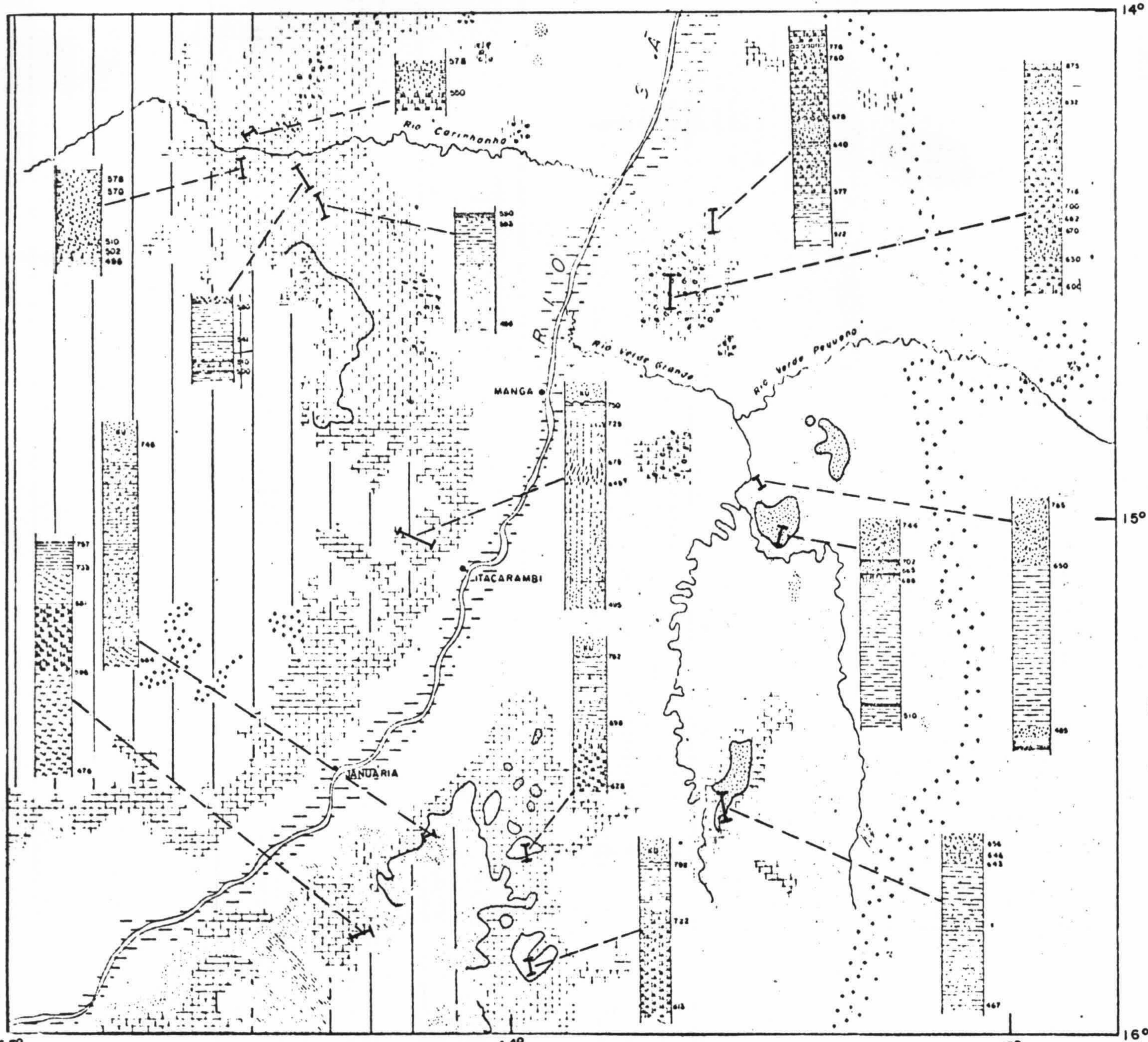
A zona cratônica do Bambuí apresenta uma cobertura tabular não deformada em escala regional, notando-se localmente algumas falhas, estruturas monoclinaes, "horts" e "supratenous folds".

Na área da Jaíba, a sequência estratigráfica, tem predominância de calcários plaqueados, com níveis argilosos, intercalando calcários maciços e oolíticos, metassiltitos calcíferos e algumas brechas sedimentares.

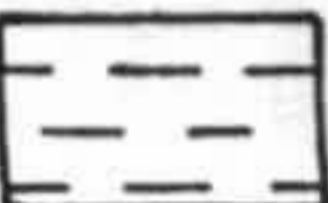

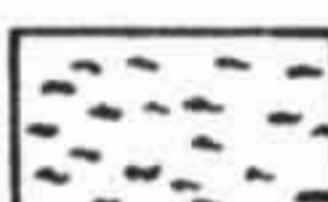


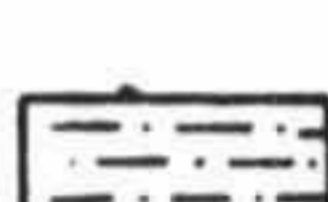
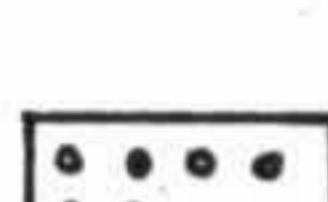

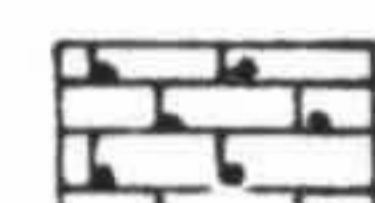

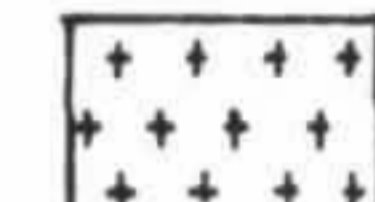
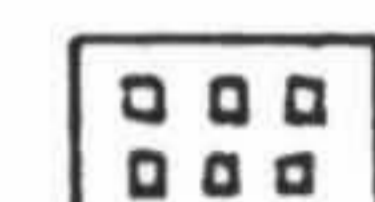


No quadrante SW da folha, na margem esquerda do rio São Francisco, o calcário alcança espessuras entre 300 a 350 metros.

Aí, a sequência da base para o topo é a seguinte: calcário bem recristalizado negro (100 a 150 m), calcário recristalizado, dolomítico (15 a 30 m), calcário recristalizado, bem laminado (100 a 150 m), metapelitos (15 m), arenito Cretáceo da Formação Urucuia (30 a 50 m).

Nos calcários dolomíticos, em veios-camada, ocorrem mineralizações de zinco, chumbo, vanádio e prata, na região de Itacarambi. No córrego Catolé, afloram calcários microgranulares rosados e bem cristalizados e estratificados.



CONVENÇÕES

-  Aluviões quaternários
-  Coberturas cretácicas
-  Margas
-  Metarcólios calcíferos e metagrauwacas associadas.
-  Ardósias, por vezes calcíferas, e/ou margas.
-  Metassiltitos, geralmente micáceos
-  Conglomerado basal
-  Calcários microcristalinos bem estratificados (plaqueados), por vezes laminados, cores cinza clara e marrom, algo argilosos.
-  Calcários de granulação fina, recristalizados muitas vezes oolíticos, cinza escuro. Localmente, calcários dolomíticos associados.
-  Planície Bambuí: Solo argiloso avermelhado ou amarelado, sem afloramentos, capeado aqui ali por coberturas arenosas detriticas.
-  Embasamento pré-Bambuí.
-  Brecha intraformacional
-  Contato estratigráfico
-  Perfis estratigráficos

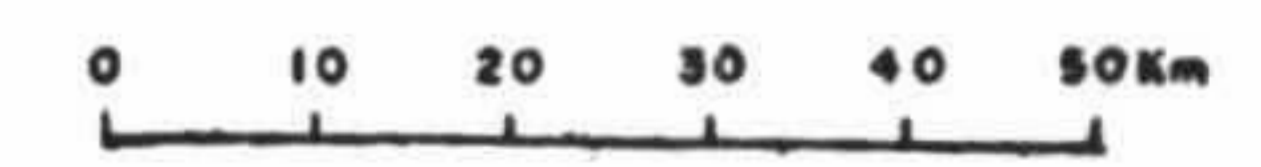


FIG. Nº 5.5.

Fonte: DNPM/CPRM/PROSPEC - PROJETO LETOS - RELATÓRIO TEXTO - Da Costa, L.A.M. et alli - 1975.

De Itacarambí à serra do Ramalho há variações até desaparecem os níveis dolomíticos e calcários laminados.

Na margem do rio São Francisco, O Grupo Bambuí apresenta uma facies com maior percentagem de fração detrítica.

No tabuleiro divisor de águas, entre os rios São Francisco e Verde Grande, ocorrem, na base da Formação Uruçuaia, os metapelitos observados na margem esquerda. De Lontra a Pedra de Maria da Cruz (município de Jamária), aflora uma sequência estratigráfica de mais de 300m de espessura de margas, metassiltitos cinza escuros a esverdeados, intercalados com camadas de calcário escuro (5 a 30 m), microgranular e bem laminado.

Na serra da Jaíba, margem direita do rio Verde Grande, ocorre a sequência estratigráfica seguinte:

metassiltitos esverdeados bem laminados (150m) na base, camadas de calcário bem estratificadas, cinza, microgranular e, no topo, metarcósio negro, calcífero.

Na área de ocorrência da Formação Paraopeba, faixa ocidental do Grupo Bambuí, ocorrem níveis de arcósio ao norte da Jaíba e calcário oolítico a nordeste da localidade de Canabrava, município de Malhada, que não foram divididos apesar de toda a área apresentar contribuição de sedimentos químicos clásticos finos e grosseiros.

Na serra do Gorutuba, município de Manga (MG), foi feito um perfil estratigráfico na encosta sul da serra, pelo Geólogo H.P. Steiner, (Fig. 5.6), que descreve da base para o topo o seguinte:

SERRA DO GORUTUBA

(ENCOSTA DO SUL)

GRUPO BAMBUÍ - FORMAÇÃO PARAOPEBA

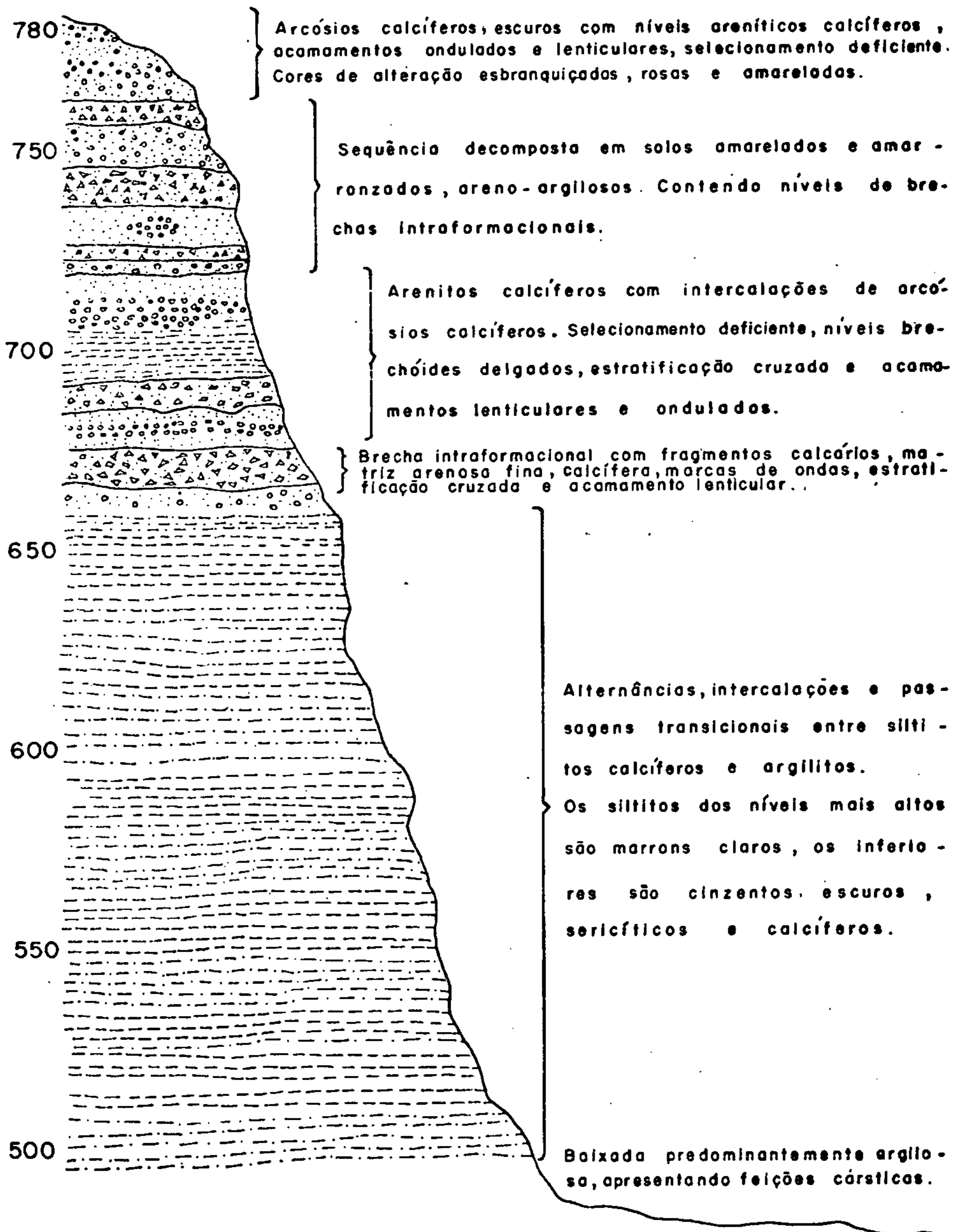


FIG 5.6.

- intercalações de siltitos calcíferos e argilitos, com 150 m de espessura (Formação Paraopeba). Na altura da cota 670, ocorre brecha intraformacional com fragmentos calcários, matriz arenosa fina, calcífera, marcas de ondas, estratificação cruzada e acamamento lenticular.

Nos níveis de 670 m a 720 m ocorrem arenitos calcíferos com intercalações de arcósios, níveis brechóides delgados, estratificação cruzada e acamamentos lenticulares e ondulados.

De 720 a 770 m, sequência decomposta de solos amarelos e amarronzados, areno-argilosos, contendo níveis de brecha intransformationais e, no topo até a cota de 780 m, ocorrem arcósios calcíferos, escuros com níveis areníticos calcíferos. Este pacote de 650 m a 780 m foi classificado pelo autor como sendo a Formação Três Marias.

5.6.2.2 Zona Pericratônica

A distribuição do Grupo Bambuí no bordo ocidental da serra Central até Janaúba tem poucos afloramentos de calcário, dominando a lito-facies siltopelítica, tendo a leste contatos de falha com o Grupo Macaúbas.

5.7 Formação Urucua

A Formação Urucua (Euzébio de Oliveira - 1943) é representada por uma sequência arenosa, que ocupa uma posição elevada em altitude, acima de 800 m.

A Formação Urucuia consiste de arenitos avermelhados, amarelados e cinzas, de granulação fina, argilosos, sem sinais de estratificação, pouco consolidados a friáveis. O contato com as rochas inferiores do Grupo Bambuí é discordante.

Na folha 31, a Formação Urucuia se estende, desde o sul de Varzelândia e oeste de São João da Ponte, até a leste de São Francisco, continuando, descontinuamente, para sul na folha 33, até o sul de Montes Claros. Em maior proporção ocorre a oeste de Januária, serra da Mescla, serra dos Tropeiros, parte da serra do Carmo, serra Vermelha, serra Capivara até o norte de Côcos, estendendo-se ainda fora da folha para norte e oeste. A espessura média da Formação Urucuia em toda sua área de ocorrência é de 360 m, mas na folha 31 ela se reduz a 50 ou 60 m.

5.8 Terciário-Quaternário-Cobertura Detrítica Laterítica

Os sedimentos terciário-quaternários, que constituem as coberturas detrítica e lateríticas, desenvolvem-se sobre superfícies peneplanizadas, em altitudes que variam de 900 a 1.250 metros. Ocorrem em toda área da folha 31, capeando as rochas do Grupo Bambuí, Grupo Macaúbas, Platô do Alto Rio Pardo e rochas Pré-Espinhaço (metatexitos e xistos), no platô do rio Gavião e rio Seco, que se estende para a folha 32.

Esses sedimentos são constituídos por areias e

argilas em proporções variáveis e frações intermediárias de cores variegadas. Os aglomerados detríticos, com cimento de canga e limonita, formam horizontes de cascalheiras, onde predominam seixos (matações) angulosos de quartzo leitoso, sem seleção de diâmetros, que variam de 10 a 15 cm.

5.9 Aluviões

Os depósitos recentes (planícies aluviais) e antigos terraços aluviais, aparecem ao longo do rio São Francisco, rio Carinhanha, rio Gorutuba e rio Verde Grande, constituídos por uma sedimentação detrítica, areno-argilosa com intercalações de leitos de cascalho.

A areia do vale do Gorutuba é utilizada na indústria da construção civil.

5.10 Tectônica

Na área da folha 31 podem ser observadas as seguintes unidades tectônicas:

Craton do São Francisco

Zona Pericratônica do São Francisco

Zona Pericratônica do Alto do Rio Pardo

Região do Dobramento Pré-Espinhaço

5.10.1 Estrutura Regional

O embasamento cristalino no âmbito da folha 31 tem estrutura regional caracterizada por lineamento de dire

ção geral NNE-SSW ao longo da serra do Espinhaço conforme pode ser observado na figura 5.7. Na borda leste da serra do Espinhaço há uma grande falha, numa extensão de aproximadamente 180 km, na folha. A falha é longitudinal, apresentando rejeitos direcional e de mergulho, acompanhada por sistemas diagonais de rutura. Estes sistemas possuem direções que variam entre S-10°-W e S-80°W.

O craton São Francisco ocupa a metade ocidental da folha, com zonas de deformação pericratônica na região central para sul e no canto sudeste da folha (Platô do Alto Rio Pardo). No lado oriental da folha predominam dobramentos pré-Espinhaço em zonas de metatexitos.

No quadrante nordeste da folha, salienta-se a presença de rochas verdes, diques básicos, entre a serra do Espinhaço e Jacaraci, a leste de Guanambi e sul de Ibitira, atravessando metatexitos.

O Grupo Bambuí apresenta diferentes tectopos no Craton do São Francisco, denominado Tectonogrupo Sete Lagoas (Moutinho da Costa e Angeiras - 1969), com deformações idiomorficas e não deformados na parte sudeste do craton, margeando a serra Central. Ele se apresenta localmente deformado ao longo do contato da falha com o Grupo Macaúbas a leste. Esses falhamentos de borda fazem parte de uma tectogênese final, Super Grupo São Francisco, afetando as Formações vizinhas do Grupo Espinhaço Superior. São comuns nas partes centrais, a vergência em direção ao centro cratônico, em torno de altos do embasamento Pré-Espinhaço e sistemas irregulares de falhas normais e flexuramentos.

PRINCIPAIS LINHAS DE RUTURA (FRATURA E FALHA)
SERRA DO ESPINHAÇO

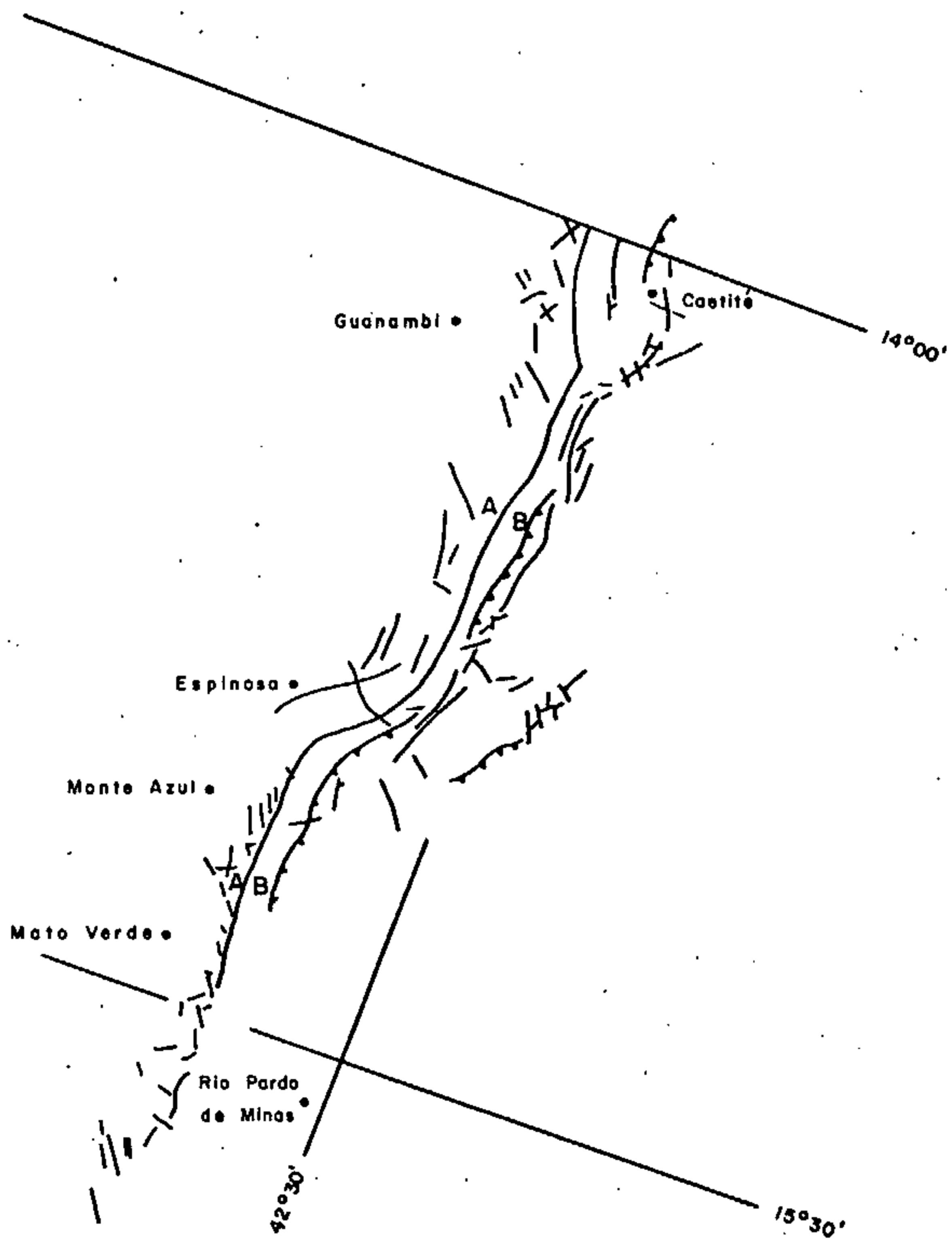


FIG. 5.7.

Há intrusivas félsicas cortando o Grupo Macaúbas na região de Taiobeiras, cujos plutonitos representam zona de granitização em pegmatitos exploráveis economicamente.

6. HIDROGEOLOGIA

6.1 Introdução

Neste capítulo trataremos as várias associações de rochas segundo suas capacidades de armazenamento e transmissão de água.

No embasamento cristalino da área, englobando a Associação Pré-Espinhaço (metatexitos, plutonitos e rochas graníticas e migmatíticas) e o Super Grupo Espinhaço (preferencialmente de quartzitos), como em todas as associações geológicas idênticas, a presença de água está condicionada à existência de fendas e fissuras abertas, que, em nosso caso, raramente ultrapassam a profundidade de 80m.

No Super Grupo Espinhaço, com uma presença marcante de rochas quartzíticas, além das fendas e fissuras, normalmente mais abertas que nas rochas da Associação Pré-Espinhaço, temos juntas de estratificação que facilitam a circulação da água, fato constatado por inúmeras e grandes surgências.

No Grupo Macaúbas, embora com predominância de diamictitos, a forma de ocorrência de água subterrânea é semelhante àquela das demais rochas cristalofilianas, sempre dependente da existência e dimensionamento das fendas e fraturas.

O Grupo Bambuí, notadamente os calcários da Formação Paraopeba, constitui o principal reservatório de água do subsolo da área. Esta importância é realçada pela posição geográfica que ocupa, de grande demanda, e

pela extensiva exploração a que vem sendo submetido.

A Formação Urucuia, do Cretáceo Inferior, é composta por arenitos porosos e permeáveis, responsáveis por uma morfologia de platôs onde a drenagem é praticamente nula. A sua irregular distribuição areal, sua pequena espessura média na região e sua posição topográfica e levada, não lhe proporcionam a desejável qualidade de grande retentor de água subterrânea, como era de se esperar pela sua litologia. O que se nota é um forte abastecimento dos cursos d'água superficiais por um grande número de fontes de contato, em épocas que se sucedem aos períodos chuvosos. É entretanto, de grande relevância o seu papel na recarga do Grupo Bambuí subjacente.

Os depósitos arenosos, Terciários e Quaternários, das coberturas detríticas e aluviões, constituem aquíferos que, embora de capacidade limitada, exercem grande importância na área, devido à pequena profundidade e a grande extensão.

6.2 Água Subterrânea no Cristalino

6.2.1. Generalidades

As rochas ígneas e metamórficas são normalmente descartadas quando se cogita de sua capacidade de constituírem aquíferos. Entretanto, apesar de apresentarem porosidade primária muito fraca; circunstâncias estruturais podem dar origem, nessas rochas, a uma permeabilidade não desprezível.

Assim, quando em determinadas regiões o fra

turamento evoluiu para uma verdadeira rede de aberturas, e essas aberturas forem de tal ordem que possibilitem o armazenamento d'água, aí surgem condições de armazenamento, às vezes, de substanciais quantidades de água.

A idéia de que esses depósitos seriam rapidamente esgotados é contrária aos fatos, uma vez que poços com mais de 30 anos de vida útil continuam em franca produção, e a variação dos níveis estáticos é tão somente sazonal, não podendo ser encarada como um contínuo rebaixamento do nível piezométrico ou esgotamento do depósito. (Leal, A.S., 1970).

As rochas graníticas do Complexo Granítico Gnaíssico, Associação Pré-Espinhaço, Super Grupo Espinhaço e Grupo Macaúbas, que constituem o embasamento cristalofiliano, ocupam a faixa leste da folha com cerca de 21.100 km², o que representa aproximadamente 30% da área total. As características hidrogeológicas desses grandes grupos serão aqui tratadas separadamente.

6.2.2 Água Subterrânea na Associação Pré-Espinhaço

Conforme foi abordado no capítulo 5 sobre as rochas dessa associação de lineamentos estruturais predominantemente segundo a direção NE-SW, o tectonismo, em várias fases, fez incidir fraturamentos com direções NW-SE transversais e SSW-NNE oblíquos. Este contexto estrutural resultante da evolução geológica da região é responsável pelo surgimento de condições favoráveis ao armazenamento de água subterrânea.

As fraturas no embasamento cristalino, como acontece noutras regiões, não alcançam grandes profundidades. A tendência geral de fechamento das fendas com o aumento da profundidade é uma decorrência do acréscimo da pressão litostática. Estudando-se o comportamento das entradas d'água, constatou-se que a sua grande maioria se encontra a menos de 80m de profundidade. Abaixo deste valor, as possibilidades de se atravessar fraturas com bom rendimento de água são bastantes reduzidas, o que nos leva a desaconselhar perfuração de poços com profundidades superiores à mencionada acima.

O quadro abaixo mostra dados estatísticos obtidos de 48 poços executados em granitos, gnaisses e xistos.

	UNIDADE	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIO
Vazão	l/s	6,67	0,17	1,65
V. Específica	l/h/m	6388,00	22,00	1074,00
Nível Estático	m	20,00	1,11	11,71
Nível Dinâmico	m	57,23	5,15	40,20
Profundidade	m	117,00	5,00	64,50
Rebaixamento	m	67,75	0,15	23,64
Resíduo Seco	mg/l	1720,00	123,00	743,90

Conforme se pode ver pelo distanciamento dos extremos de cada característica, há grande irregularidade nesses depósitos que são, também, limitados qualitativa e quantitativamente. Mesmo assim não se pode prescindir deles em certas regiões carentes de outras fontes, já que seu aproveitamento é feito através de poços de baixo custo, rápida construção, simples manutenção e grande

durabilidade.

6.2.2.1 Condições de Alimentação

A alimentação dos depósitos de água subterrânea em rochas cristalinas se faz principalmente através da infiltração direta da água das chuvas em juntas e fraturas, de cuja intensidade, abertura e mergulho, depende a velocidade de penetração.

Condições de superfície, como declive, manto de intemperismo, vegetação etc., influem também na infiltração. Com efeito, numa região com predominância de fortes declives, com rochas aflorantes e ausência de manto e vegetação, as águas pluviais escoam com uma rapidez tal que sua influência nas reservas subterrâneas é praticamente nula. Por outro lado, onde se configura uma situação inversa, de topografia suave, com manto de decomposição dimensionalmente significativo, as águas pluviais são retidas em considerável parcela e, desta, a parte que é salva da evapotranspiração infiltra-se gradativamente até os depósitos hídricos subterrâneos.

Na área em estudo a espessura do manto de intemperismo é da ordem de 5 a 10 metros na zona do Espinhaço, onde também, graças à subordinação da rede hidrográfica ao cisalhamento, a infiltração encontra excelentes condições.

Considerando-se a média pluviométrica de 744 mm/ano e uma área de 16.250 km² (incluímos aqui a porção coberta por sedimentos detríticos), o volume de água de chuva que cai anualmente nesses terrenos é, em média de:

$$V_p = 1625 \times 10^7 \times 744 \times 10^{-3} = 12,1 \times 10^9 \text{ m}^3$$

Apenas uma parcela muito pequena desse volume alcança os depósitos subterrâneos, sendo a evapotranspiração consumidora da maior parte.

A taxa de infiltração pode ser determinada pela fórmula:

$$I = \frac{S \cdot \Delta s}{P} \cdot 100$$

Onde:

I = taxa de infiltração (%)

S = coeficiente de armazenamento

P = pluviometria (mm/ano)

Δs = espessura restituída (m)

Para o coeficiente de armazenamento dos escudos antigos, os valores podem variar de 10^{-3} a $8 \cdot 10^{-3}$ (Leal A.S., 1971). Devido a problemas inerentes ao meio aquífero e a indisponibilidade de condições favoráveis, não foi possível a determinação de S no presente estudo. Por isto, apenas para se ter idéia da ordem de grandeza da taxa de infiltração, utilizaremos, para efeito de cálculo, os valores acima.

Ainda por problemas inerentes à metodologia do estudo, em apenas três poços (situados em Porteirinha, Bonito e Espinosa) foram realizadas observações das oscilações sazonais da superfície piezométrica, que conduziram à média Δs de 1,2 m.

Sendó a média pluviométrica de 0,744 m/ano e atribuindo-se a S os valores mínimos de 10^{-3} , médio de 4×10^{-3} e máximo de 8×10^{-3} , teremos para taxa de

infiltração (I) os valores mínimos de 0,16%, médio de 0,64% e máximo de 1,29%. Este não é logicamente, um resultado taxativo, mas dá uma idéia de grandeza que, de resto, não é discrepante de outros já propostos para condições semelhantes.

6.2.2.2 Circulação e Exutórios

A circulação da água nas rochas cristalinas depende essencialmente da interconexão, densidade, extensão e abertura das fendas e fissuras. A existência generalizada de fraturas que se cruzam dão origem a uma verdadeira rede de armazenamento, principalmente na parte mais superficial, que, todavia, pode ser, por circunstâncias várias, interrompida localmente.

Na área de ocorrência da Associação Pré-Espinhaço se constata, localmente, uma intensa conexão de sistemas de fraturas com o manto de intemperismo e com a rede hidrográfica.

Esta situação é, às vezes, refletida em superfície pela rede de drenagem, que facilita a alimentação e, como consequência, a circulação e o ressurgimento. Desta maneira, constituem as aluviões dos rios e riachos os exutórios naturais da água do substrato cristalino, onde ela fica por demais exposta à evapotranspiração. Este conceito, embora seja extensível ao cristalino, é mais efetivo na área da Associação Pré-Espinhaço, onde praticamente não existem grandes declives topográficos devido ao seu avançado grau de pediplanação. As fontes são raras (Espinosa, Caculé) e não parecem exercer grande influ

ência como meio de restituição dos depósitos. A evapotranspiração, notadamente da porção superior do aquífero e através dos leitos dos rios, é o principal exutório.

6.2.2.3 Reservas Disponíveis

Pelos itens anteriores, constata-se que os dados são insuficientes para uma determinação precisa das reservas hídricas subterrâneas das rochas anteriores ao Super Grupo Espinhaço. Todavia, com base nas informações disponíveis, aquilataremos uma ordem de grandeza, que permita futuros planejamentos.

Para os cálculos a seguir consideraremos as condições hidrogeológicas do cristalino como uniformes, fato até certo ponto aceitável para grandes áreas de ocorrência.

No item 6.2.2.1 foi determinado o volume médio de chuva que cai anualmente sobre a área de 16.250 km² de domínio da Associação Pré-Espinhaço. Nos cálculos da taxa de infiltração utilizamos uma média pluviométrica de 744 mm/ano, um coeficiente de armazenamento médio (inferido) de $S = 4 \cdot 10^{-3}$ e uma espessura restituída (h) de 1,20 m. Para os dados acima determina-se o seguinte volume restituído anualmente:

$$V_r = h \cdot A \cdot S = 1,2 \cdot 16,25 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-3}$$

$$V_r = 78 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

6.2.3 Água Subterrânea no Super Grupo Espinhaço.

As rochas do Super Grupo Espinhaço abrangem uma

área da ordem de 6.300 km², dos quais 1.200 km² estão cobertos por sedimentos detríticos. São preferencialmente quartzitos, cujo comportamento estratigráfico e estrutural os distingue dos demais complexos Pré-Cambrianos no concernente às possibilidades de armazenamento de água. A porosidade normalmente é baixa e muito heterogênea, dependendo da granulometria e cimentação da matriz. A parte superior se apresenta, muitas vezes, menos cimentada e com aspecto local de um arenito. Geralmente as rochas do Espinhaço estão catacladasas ou falhadas, propiciando a acumulação de água nas redes de fraturas.

O Super Grupo Espinhaço ocorre formando grandes elevações, notadamente a Serra do Espinhaço, que separa a bacia do São Francisco das demais bacias hidrográficas. Estas serras apresentam grande quantidade de fontes em suas abas e em especial em suas bases. Estas fontes são utiliizadas no abastecimento de fazendas, vilas e mesmo cidades (Urandi, Jacaraci). Alguns rios, como o Gavião, têm suas nascentes nesses quartzitos.

Embora insuficientes os dados existentes, acreditamos tratar-se de um aquífero anisotrópico, com marcantes diferenças nas transmissibilidades vertical e horizontal, motivadas pelas variações litológicas, juntas e fraturas. Pelo menos em suas partes média e superior, o aquífero se assemelha àquele da Formação Tombador, da Chapada Diamantina, descrito por Brito Neves (1972).

6.2.3.1 Condições de Alimentação

A alimentação dessa unidade se faz de duas maneiras. A primeira diretamente pela infiltração das águas

das chuvas que caem na área: de afloramento, e a segunda, mais duradoura e eficaz, dá-se através das coberturas de tríticas, bem mais permeáveis, que atuam como retentoras temporáveis das águas pluviais, as quais passam lentamente aos depósitos dos quartzitos através das fraturas e juntas.

O Super Grupo Espinhaço ocorre formando, geralmente, grandes elevações de escarpas abruptas. Devido a esta disposição geográfica, a maior parte das águas de precipitação atmosférica é consumida pelo escoamento superficial, e apenas uma parcela mínima tem condições de se infiltrar diretamente. Desta maneira as melhores áreas de alimentação são aquelas em que os sedimentos terciários e quaternários restringem, ao permitirem uma infiltração rápida, o escoamento superficial, ao mesmo tempo que livram da evapotranspiração boa parte das águas caídas.

Considerando a média pluviométrica de 816 mm/ano e uma área de ocorrência de 5.200 km², o volume anual médio precipitado é de:

$$V_p = 4,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3$$

Desse total apenas parte mínima, que acreditamos, por analogia com outros aquíferos similares, não seja inferior a 1%, se infiltra e atinge os reservatórios subterrâneos.

Parte dos excessos de infiltração é escoado superficialmente, através das fontes difusas, ao longo do contato dos sedimentos detríticos e mesmo de fraturas transversais à direção dos quartzitos, indo aumentar o escoamento superficial.

6.2.3.2 Circulação e Exutórios

O Super Grupo Espinhaço, constituído essencial

mente por quartzitos, apresenta boas condições de circulação se comparado com as demais associações do complexo cristalino. A circulação é notadamente favorecida por uma densa rede de fissuras e por juntas de estratificação e extensos falhamentos.

Dezenas de fontes de vazões as mais variadas (pouco mais de $0,1 \text{ m}^3/\text{h}$ a mais de $100 \text{ m}^3/\text{h}$) são encontradas ao longo da ocorrência do Espinhaço, tanto no flanco oriental como no ocidental. Em Urandi(BA) uma fonte de vazão não determinada é utilizada duplamente no abastecimento d'água da cidade e para produção de energia.

De um modo geral, as fontes ocorrem em intervalos que variam de 1 a 10 km, principalmente na base das escarpas, no contato do quartzito com xistos ou conglomerados ou relacionadas com grandes falhamentos. Elas são utilizadas no abastecimento d'água de fazendas, vilas e mesmo cidades(Urandi, Jacaraci).

No presente trabalho somente foram cadastradas as nascentes com vazões de mais de $0,5 \text{ l/s}$. Das 11 fontes cujas vazões foram determinadas, destacam-se a da fazenda Sítio (Monte Azul-MG), com $100 \text{ m}^3/\text{h}$, a de Santo Antônio do Retiro(Rio Pardo de Minas-MG), com $81 \text{ m}^3/\text{h}$ e a de Palmas de Monte Alto(BA), com $36 \text{ m}^3/\text{h}$. Inúmeras outras fontes(Brejinho das Ametistas, com $12 \text{ m}^3/\text{h}$; Betânia, em Caetité, com $3 \text{ m}^3/\text{h}$ etc.) ocorrem, muitas delas, por motivos locais, não tiveram suas vazões determinadas.

Apenas oito poços foram perfurados nos quartzitos Espinhaço, e seus resultados(Q máx. de $10,6 \text{ m}^3/\text{h}$ e Q méd. de $4,7 \text{ m}^3/\text{h}$) não são muito diferentes dos obtidos em outras rochas cristalinas, embora alguns deles sejam surgentes. Acreditamos, todavia, que os poços existentes

não refletem as melhores condições do aquífero.

Considerando apenas as fontes de vazões conhecidas (total de $250 \text{ m}^3/\text{h}$), o volume restituído anualmente será de $2,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Sabendo-se, porém, que várias outras grandes fontes brotam dos quartzitos (Urandi, Jacaraci), podemos afirmar que a restituição deverá ser superior a $5 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Tendo em vista o caráter preliminar do presente estudo, bem como a complexidade e as boas possibilidades hídricas subterrâneas do Super Grupo Espinhaço, seria aconselhável um estudo específico onde se procuraria visualizar com maior clareza o comportamento do dito aquífero no concernente à alimentação, circulação, potencialidade e condições de exploração.

6.2.3.3 Características Dimensionais e Hidrodinâmicas.

Como aventado anteriormente, os meta-sedimentos do Espinhaço oferecem algumas condições hidrogeológicas para abastecimento de pequenos grupos populacionais. Atualmente um poço surgente é utilizado no abastecimento de Brejinho das Ametistas, município de Caetité (BA).

Os oito poços perfurados forneceram os seguintes valores médios:

Profundidade	:	79,0 m
Nível estático	:	6,0 m
Nível dinâmico	:	39,0 m
Rebaixamento	:	33,0 m
Vazão	:	1,3 l/s
Vazão específica	:	780,0 l/h/m
Resíduo seco	:	590,0 mg/l

As transmissibilidades calculadas a partir de dados de testes de bombeamento realizados pela CERB no município de Caetité (Brejinho das Ametistas e Jatobá) em poços penetrando no Espinhaço Médio, foram de uma ordem de grandeza muito pouco expressiva, todavia, não apresentaram grandes variações, como se pode ver abaixo:

Brejinho das Ametistas	= $2,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
Caetité	= $3,6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
Jatobá (I)	= $5,78 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
Jatobá (II)	= $2,35 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

A precariedade dos ensaios não nos permite sequer inferir o coeficiente de armazenamento, e mesmo os valores de T não devem ser tomados como rígidos e extensíveis a todos os quartzitos.

6.2.4 Água Subterrânea no Grupo Macaúbas

Essa unidade abrange, no âmbito da folha, uma área de 5.500 km^2 , dos quais 1700 km^2 estão cobertos por sedimentos detríticos. O Grupo apresenta predominância de metadiamicrito e conglomerados polimictos, metarcósios, metagrauvacas e, localmente, estreitas intercalações de arenitos, metassiltitos e ardósias.

Como aquífero o Grupo Macaúbas depende, como os dois grupos anteriores, do grau de fraturamento de suas rochas. Do ponto de vista hidrogeológico não oferece boas perspectivas e só localmente, em regiões de tectonismo mais intenso, ele pode oferecer condições de armazenamento de água, mesmo assim em quantidades limitadas.

Existem poucos poços tubulares na área de ocorrência do Macaúbas, exatamente em virtude de sua baixa potencialidade. Não existem perfis litológicos o que nos impossibilita tecer maiores comentários.

As características médias dos poços existentes (6) são:

- profundidade : 92,0 m
- nível estático : 22,8 m
- nível dinâmico : 37,1 m
- rebaixamento : 14,4 m
- vazão : 1,6 l/s
- vazão específica: 2.756,0 l/h/m
- resíduo seco : 740,0 mg/l

Os dados acima não são inteiramente confiáveis já que foram executados por métodos rudimentares e sem preocupações maiores.

6.2.5 Demanda d'Água.

Em mapa na escala 1:1.000.000 (Fig. 4.22) foi apresentada a divisão das áreas municipais em 7 micro-regiões, no total de 37 municípios.

Nas micro-regiões da serra Geral da Bahia, serra Geral de Minas e Alto Rio Pardo, localiza-se a área coberta pelo embasamento cristalino. As outras 4 micro-regiões estão situadas em terrenos sedimentares.

6.2.5.1 Demanda para a População

No quadro 4.9, damos as populações urbana e

rural.

Considerando-se os valores unitários para o consumo humano de:

- população rural: 50 l/pessoa/dia, ou sejam 18,50 m³/ano
- população urbana: 150 l/pessoa/dia, ou sejam 55 m³/ano.

A partir desses valores estimam-se as necessidades atuais de água para consumo das populações distribuídas nas áreas de domínio das rochas cristalinas, (Associação Pré-Espinhaço, Super Grupo Espinhaço e Grupo Macaúbas). No quadro abaixo damos os volumes de água necessários.

DEMANDA D'ÁGUA PARA A POPULAÇÃO NA ÁREA DO CRISTALINO		
POPULAÇÃO URBANA	POPULAÇÃO RURAL	TOTAL
m ³ /ano	m ³ /ano	m ³ /ano
10,4 milhões	13,4 milhões	23,8 milhões

6.2.5.2 Demanda para Rebanhos e Aves

E admitindo-se o consumo de 50 l/UAP/dia, ou sejam, 18,5 m³/UAP/ano, e que na determinação das necessidades d'água para o consumo animal, considerem como UAP, os bovinos, equinos e muares e como meia-unidade os caprinos, ovinos e suínos e que as aves não foram computadas, teremos para o conjunto de rebanhos nas micro-regiões MG-158, MG-159, BA-VII, a demanda de:

- para os bovinos:

$$560.241 \times 18,5 = 10.364.458 \text{ m}^3/\text{ano} \text{ ou} \\ 10,4 \text{ milhões m}^3/\text{ano}$$

- para os suínos, caprinos e ovinos:

$$176.609 \times 18,5 = 3.267.226,5 \text{ m}^3/\text{ano} \text{ ou} \\ 3,27 \text{ milhões m}^3/\text{ano}.$$

6.2.5.3 Demanda Total

As necessidades atuais para o consumo d'água para a população e rebanho: é de:

- população humana: 23,8 milhões m³/ano
- rebanho : 13,67 milhões m³/ano
- Demanda total : 37,47 milhões m³/ano

6.3 Água Subterrânea no Grupo Bambuí

Esta unidade está representada no âmbito da folha exclusivamente pela Formação Paraopeba que ocupa uma área de 29.800 km², dos quais 6.540 km² estão recobertos por baixos platôs de sedimentos Terciário-Quaternários.

A Formação Paraopeba é constituída preferencialmente por calcários com intercalações de ardósias. Pela sua posição geográfica, extensão e potencialidades hídricas constitui o principal aquífero da região, já sendo explorado por uma rede de mais de 600 poços tubulares. Essas rochas apresentam primariamente um sistema de juntas de estratificação bastante realçada e, secundariamente, um sistema intensivo e extensivo de fraturas transversais correlacionadas ao estilo de dobramento. O calcário Bambuí é maciço e compacto, possuindo baixa porosidade primária

ria, estando sua capacidade de armazenamento de água ligada à conformação estrutural e especialmente à tendência que os calcários têm de deixarem formar fendas ou grutas pelo fenômenos de dissolução cárstica. Comporta-se como um aquífero livre com características anisotrópicas, cuja transmissibilidade é extremamente variável, já que está condicionado a variações litológicas e ao comportamento tectônico.

Os esforços a que foram submetidas as rochas deram origem a fissuras e diáclases, que facilitam a percolação de águas pluviais, muitas vezes ricas em ácidos húmicos provenientes de solos vegetais, que acarretam a dissolução cárstica, originando vazios por onde a água circula livremente. Esse fenômeno é restrito aos horizontes calcários, permanecendo as ardósias com fracas possibilidades de armazenamento e transmissão de água.

6.3.1 Alimentação

A alimentação deste aquífero é realizada fundamentalmente a partir da precipitação atmosférica direta sobre a área de ocorrência e pela contribuição dos cursos de águas superficiais. Entretanto, nas zonas onde está recoberto por sedimentos da Formação Urucuia, do capeamento de trítico e das aluviões, pode ocorrer recarga por filtração vertical descendente.

O aquífero recebe contribuição por infiltração vertical através das fraturas no calcário. Parece não haver intercomunicação de fendas em profundidades abaixo de 110 m, de acordo com os dados obtidos em poços cadastrados durante a campanha de inventário. A alimentação é favore

cida pelo relevo plano, pelas colinas e sumidouros que ocorrem na região cárstica.

Como ocorre em áreas cristalinas, a infiltração direta, a partir das chuvas, é efetivamente fraca, devido à sua dependência ao sistema de fraturamento. Por outro lado a morfologia, com acentuada movimentação do relevo, facilita o escoamento superficial. Não fosse isto, a evapotranspiração, por si só bastante elevada na região, já seria responsável pelo consumo de grande volume da água das precipitações atmosféricas, geralmente muito irregulares e concentradas em curto período, o que acarreta volumes de realimentação que muitas vezes excedem a capacidade de infiltração. Desta maneira a alimentação do aquífero depende, em muito, dos cursos d'água superficiais através da conexão da rede de drenagem com as diáclases, fraturas e cavidades de dissolução, bem como da transferência de água pelas coberturas cretáceas e terciário-quaternárias.

Considerando-se a área de 23.260 km² e a precipitação média anual de 874 mm, obtem-se um volume precipitado médio anual de:

$$V_p = 20,3 \times 10^9 \text{ m}^3$$

ou para a área total (inclusive coberturas)

$$V_p = 29800 \cdot 10^6 \cdot 0,874 = 26 \cdot 10^9 \text{ m}^3$$

O percentual efetivamente infiltrado torna-se de difícil avaliação devido à qualidade dos dados disponíveis, todavia, a determinação aproximada será feita nos capítulos seguintes.

6.3.2 Profundidade das Águas

Durante a campanha de campo foi feito o nivelamento barométrico de uma rede de poços selecionados, que nos permitiu elaborar o contorno da superfície piezométrica de parte do aquífero Bambuí. As curvas traçadas evidenciam uma dependência da superfície das águas subterrâneas à superfície do terreno com o escoamento se processando no sentido dos principais rios.

Devido ao fato acima, achou-se por bem fazer um estudo da profundidade das águas, principalmente do ponto de vista estatístico. Deste estudo constatou-se que a superfície piezométrica do sistema cárstico, caracteriza-se por certa irregularidade, estando condicionada, geralmente, pela topografia e subseqüentemente, pela tectônica e grau de carstificação. Frequentemente o nível de água nos poços sobe em relação às entradas, mesmo assim, não poderemos considerar o sistema como tipicamente artesiano. As águas mais superficiais são encontradas nas baixadas próximas aos rios São Francisco e Verde Grande.

A partir dos dados de 655 poços tubulares que captam o aquífero, elaborou-se o quadro abaixo e a fig. 6.1, que mostram a distribuição percentual da profundidade do nível estático.

DISTRIBUIÇÃO DA PROFUNDIDADE DO NÍVEL ESTÁTICO		
Profundidade do NE (m)	Porcentagem	Frequência Acumulada
0 - 10	9,0	9,0
10 - 20	31,9	40,9
20 - 30	23,5	64,4
30 - 40	14,4	78,8
40 - 50	8,2	87,0
50 - 60	7,0	94,0
>60	6,0	100,0

DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS
PROFUNDIDADES DO NÍVEL ESTÁTICO

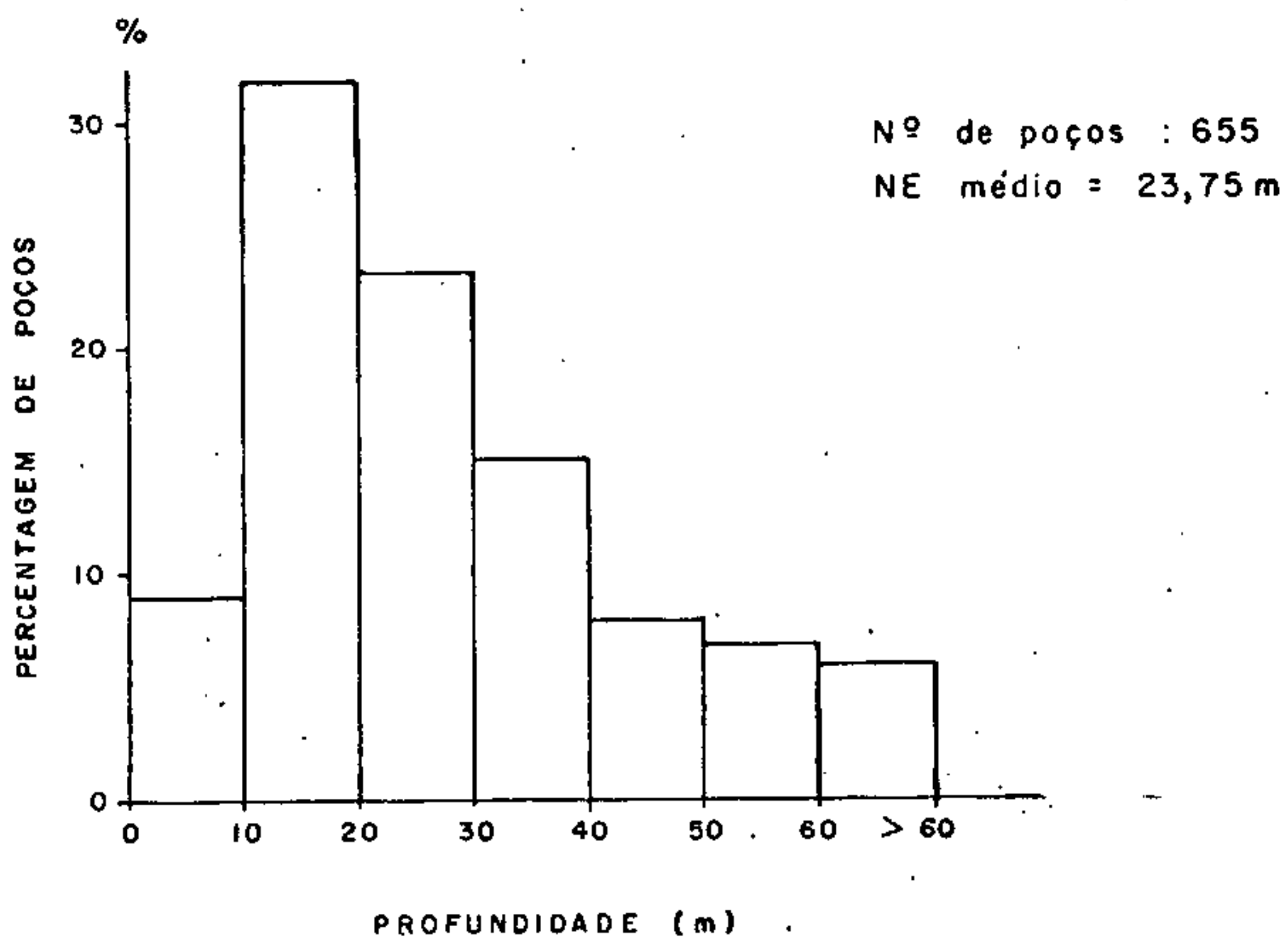


FIG. 6.I.

Do quadro e figura citados verifica-se que cerca de 79% dos poços apresentam a profundidade do nível estático a menos de 40m. Nos municípios de Manga, Varzelândia, Carinhanha e Januária, cerca de 90% dos níveis estáticos medidos estão a menos de 30m. Para a área de ocorrência do aquífero Bambuí foi determinada uma profundidade média do nível estático de 23,75m.

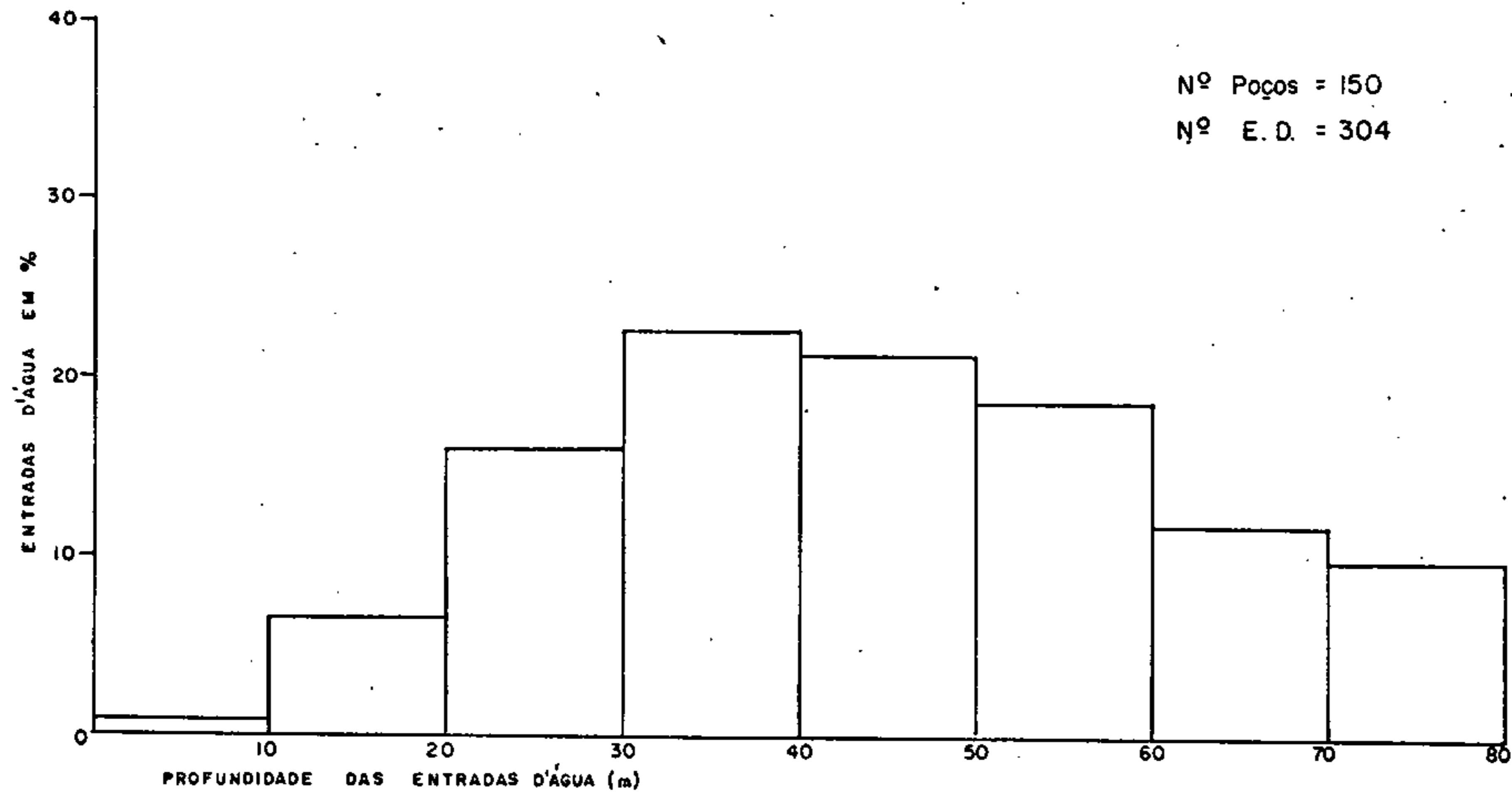
Foi feito também um estudo estatístico da profundidade das entradas de água nos poços, contada a partir da superfície do terreno (figs. 6.2 a 6.6) e do topo do calcário não decomposto (figs. 6.7 a 6.10). Deste estudo concluiu-se que a zona fraturada contendo água concentra-se nos 110m superiores, possuindo, a profundidades maiores, remotas possibilidades no que tange à existência de fraturas abertas contendo quantidades substanciais. de água.

6.3.3 Escoamento das Águas Subterrâneas

A partir dos dados de poços tubulares, fontes e cacimbas, elaborou-se o mapa piezométrico de parte do aquífero Paraopeba. As curvas equipotenciais foram traçadas com equidistância variável (50 e 25m) dependente da concentração de informações.

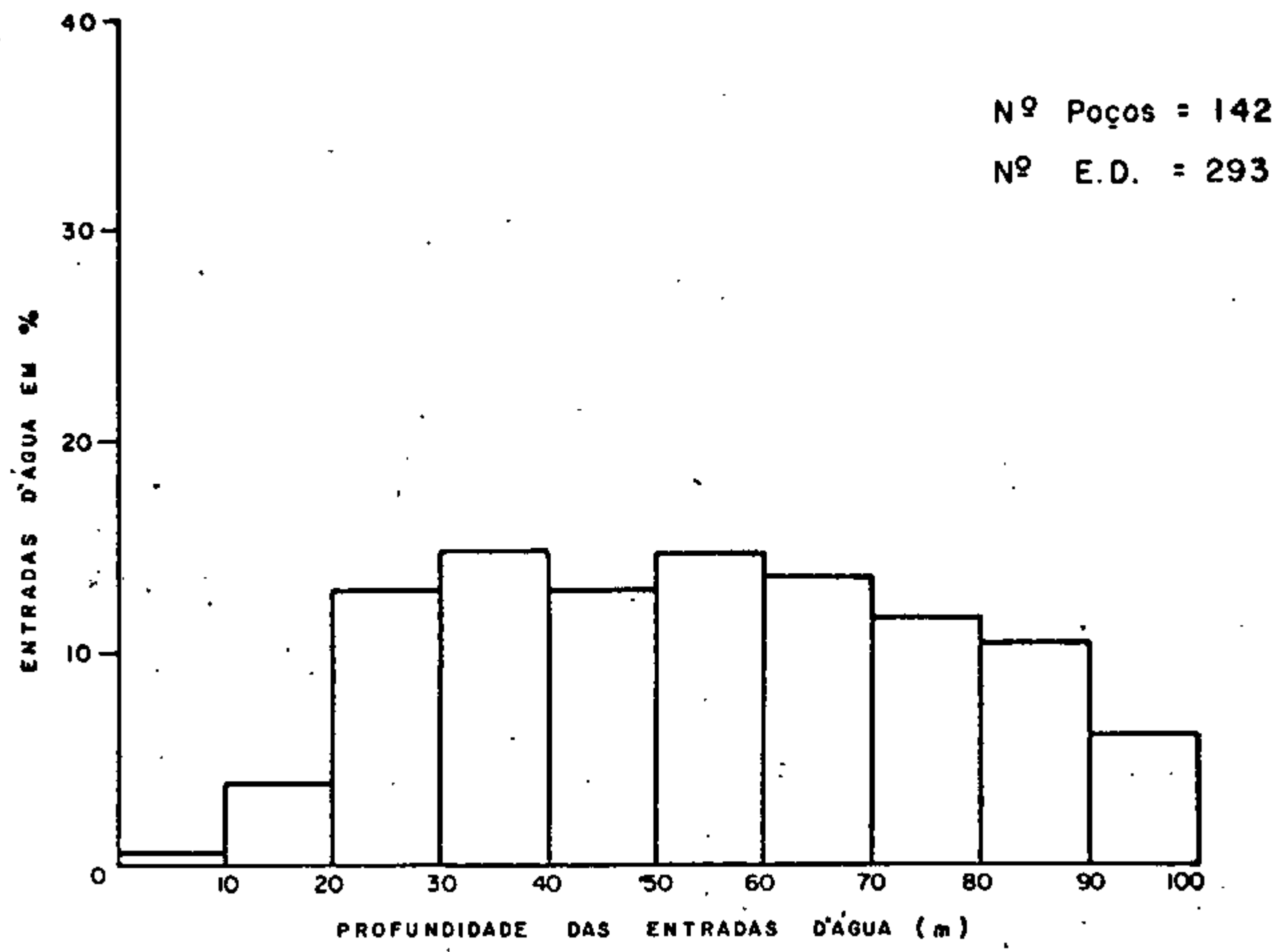
O mapa resultante indica a influência da drenagem e da topografia na configuração da superfície piezométrica, com fluxo subterrâneo em direção aos principais rios da região, notadamente para o São Francisco e Verde Grande. Os divisores das águas de superfície correspondem aproximadamente aos das águas subterrâneas. Denota-se também a grande influência dos sedimentos cretáceos e terciário-quaternários na alimentação do aquífero dos calcários.

ENTRADAS D'ÁGUA NO GRUPO BAMBUÍ



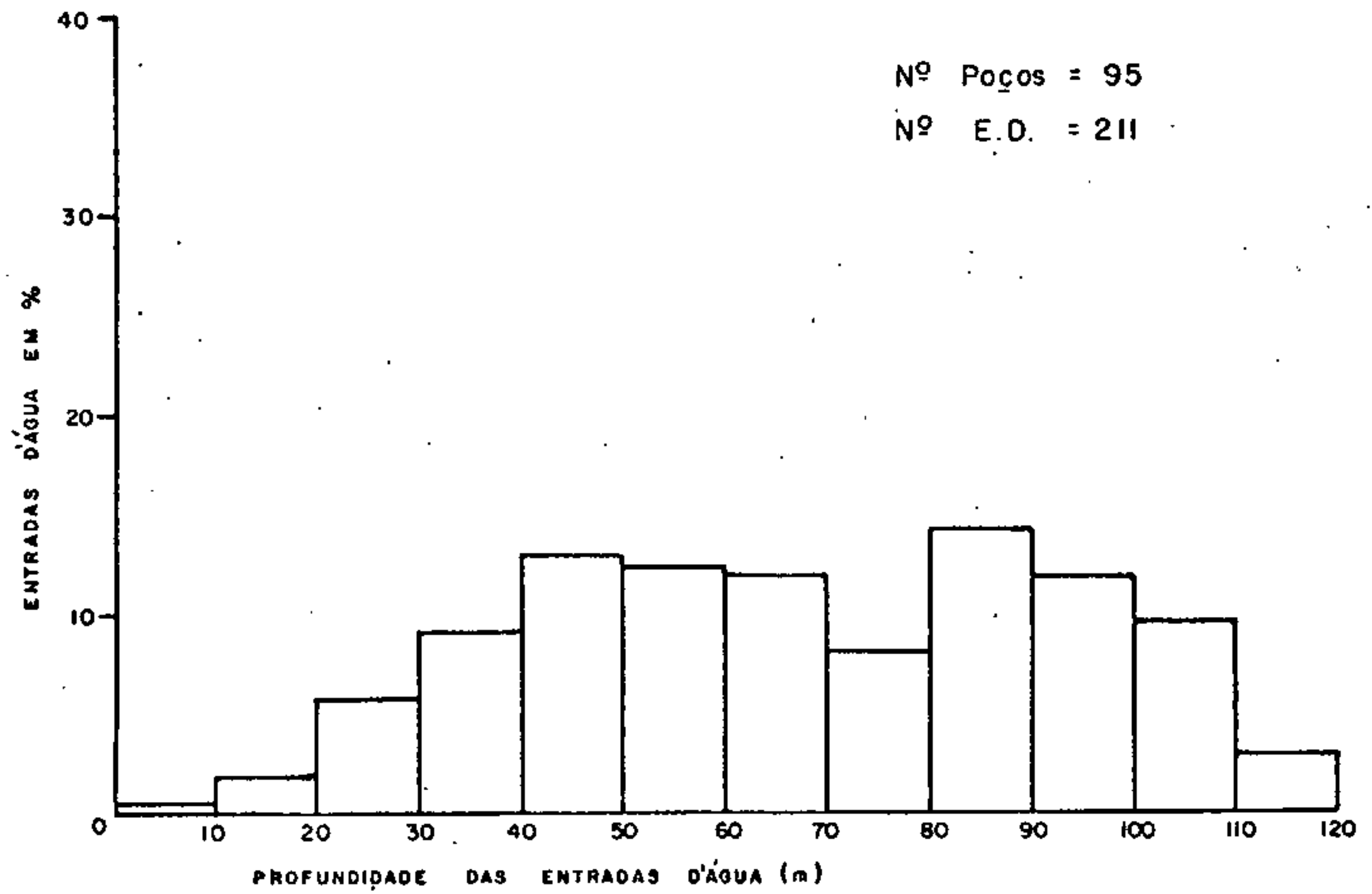
Distribuição das entradas d'água em poços com profundidades entre 60 e 80 m.

ENTRADAS D'ÁGUA NO GRUPO BAMBUÍ



Distribuição das entradas d'água em poços com profundidades entre 80 e 100m.

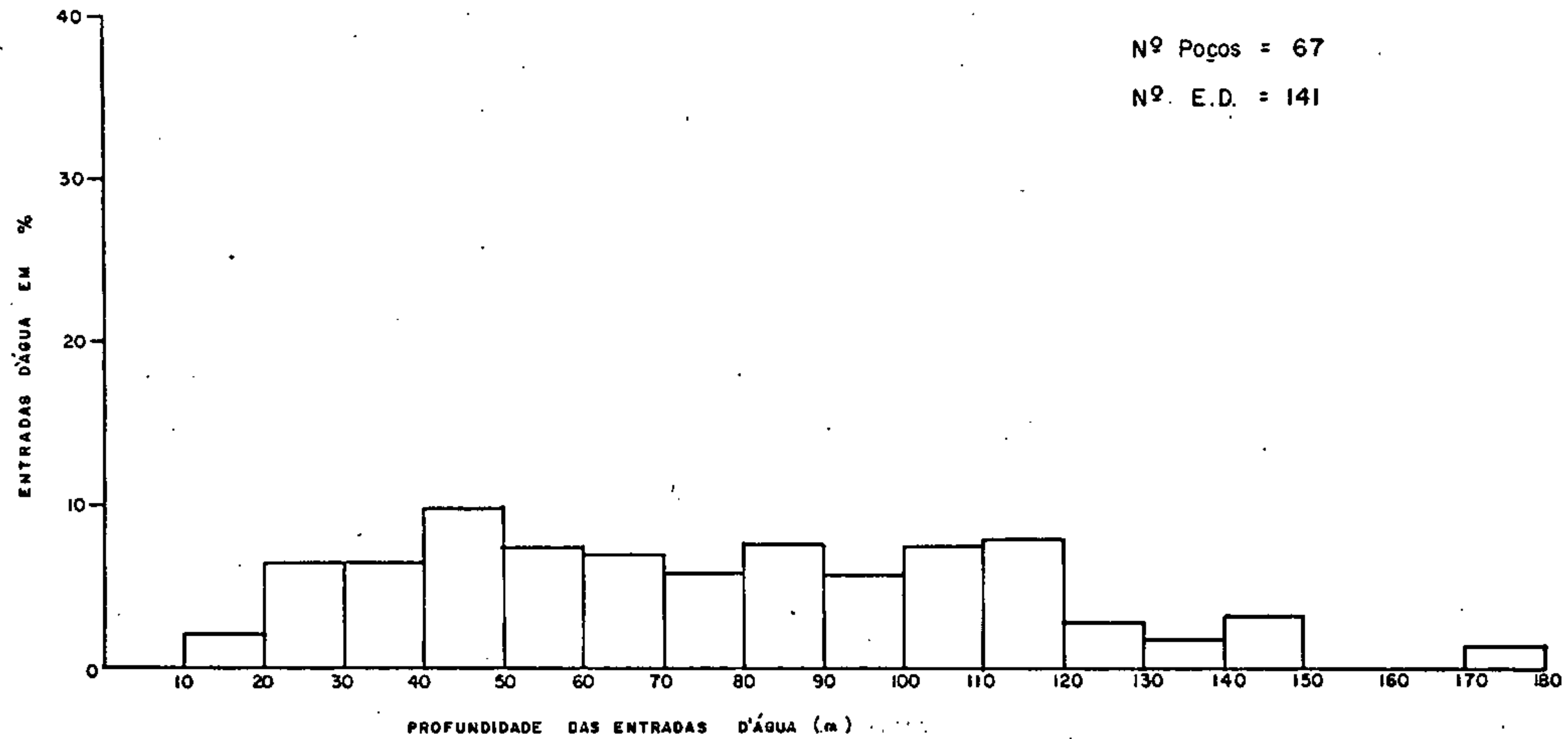
FIG. 6.3.



Distribuição das entradas d'água em poços com profundidades de 100 a 120m.

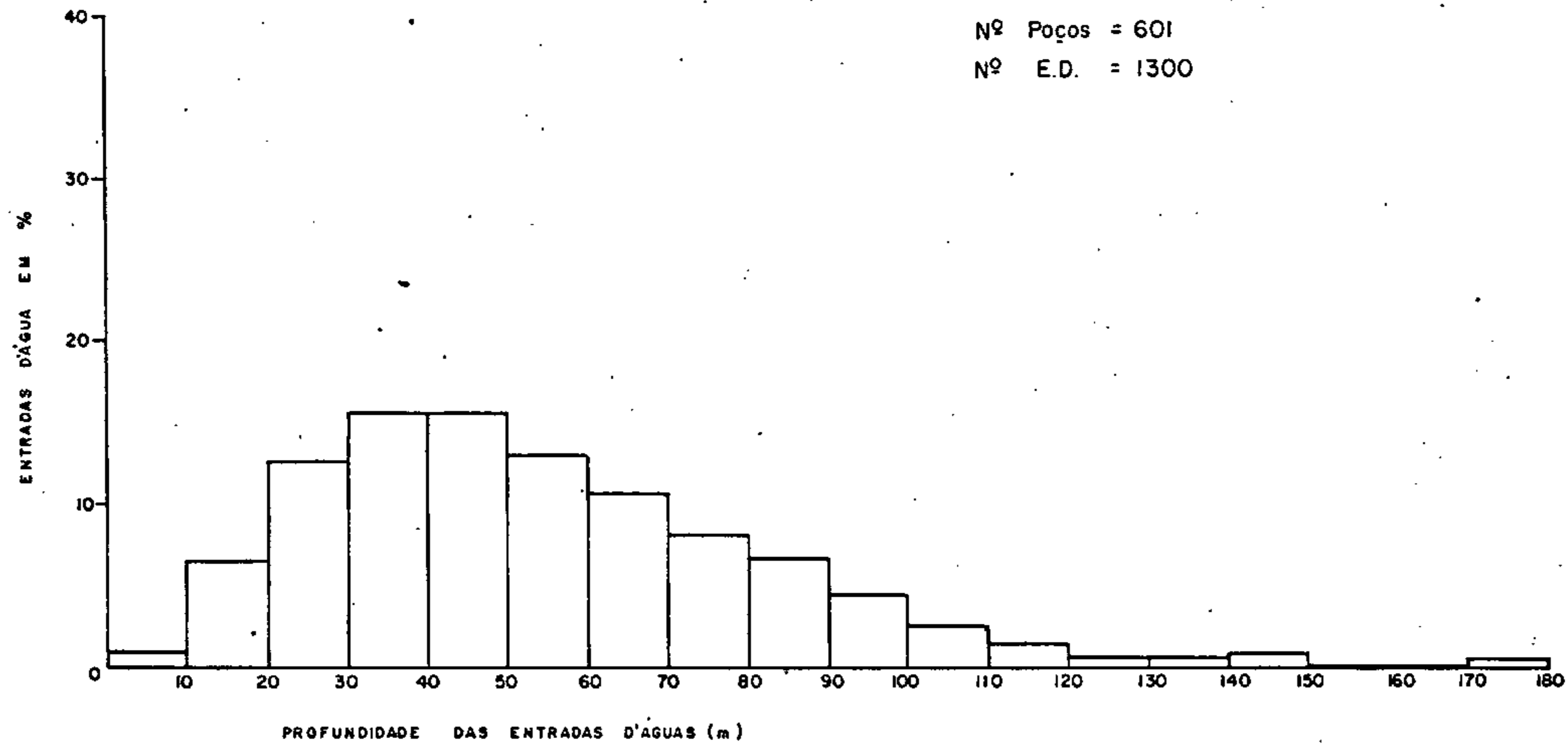
FIG. 6.4.

ENTRADAS D'ÁGUA NO GRUPO BAMBUÍ



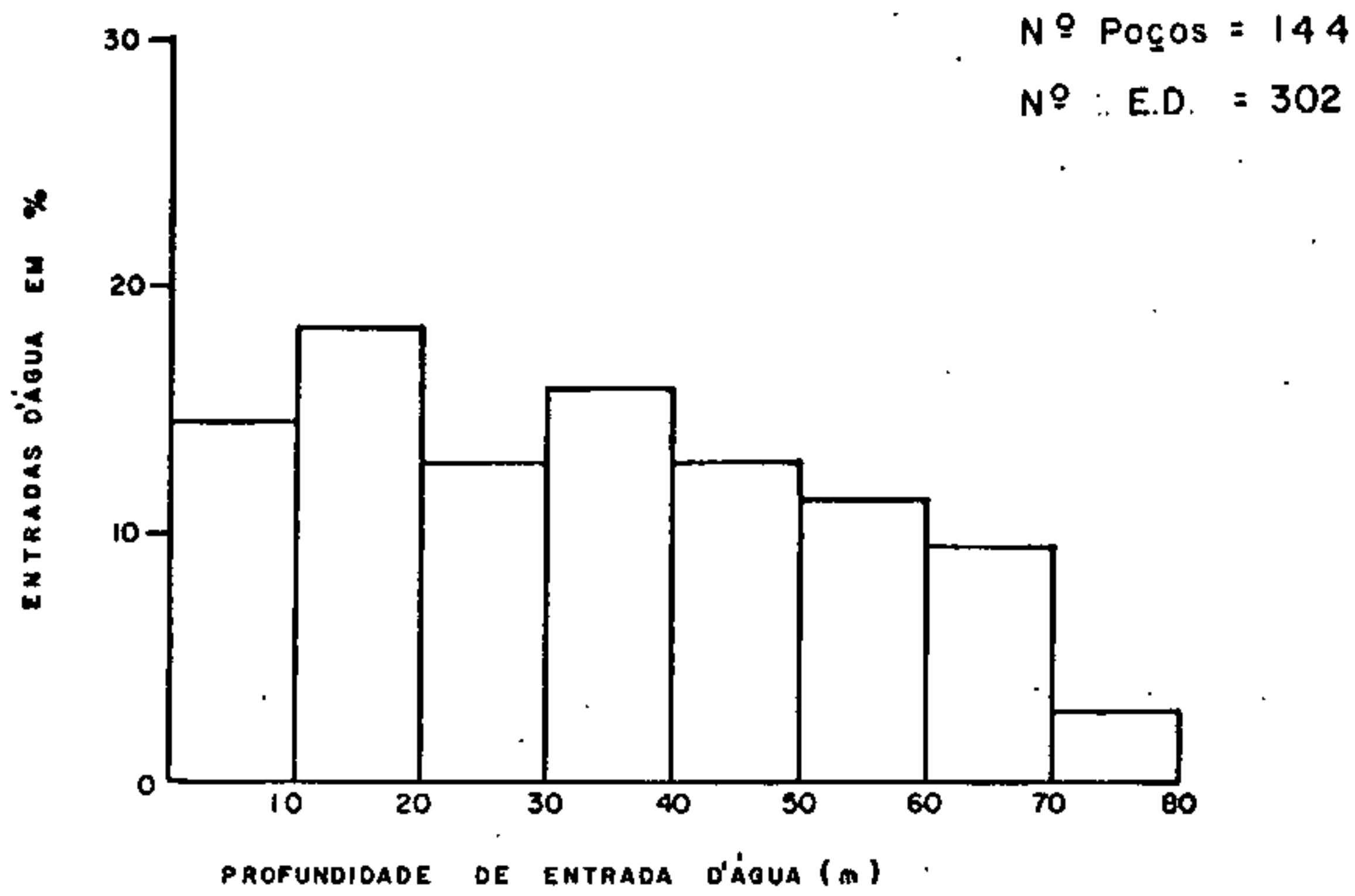
Distribuição das entradas d'água em poços com profundidade acima de 120m.

ENTRADAS D'ÁGUA NO GRUPO BAMBUÍ



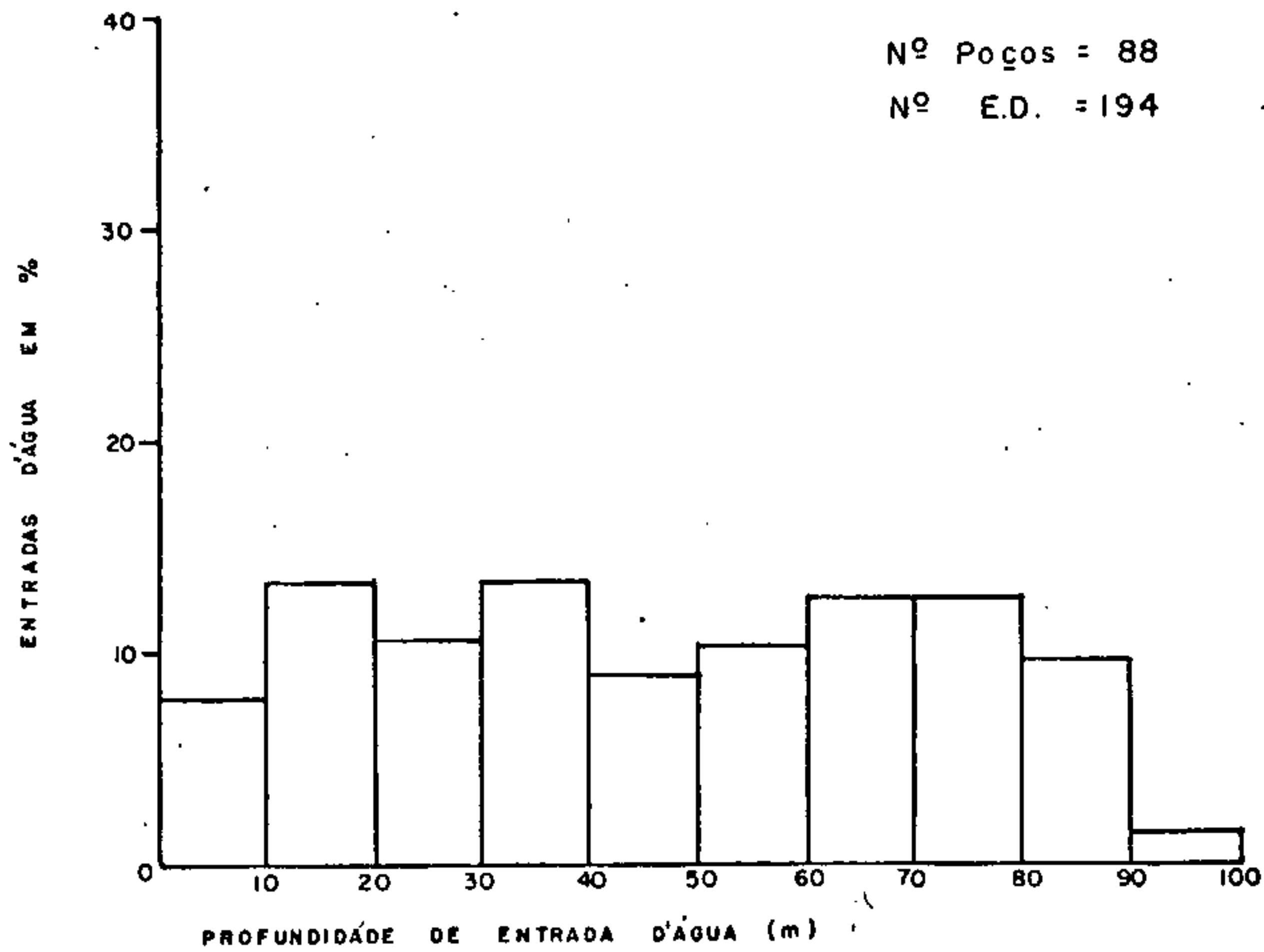
Obs.: Distribuição das entradas d'água em poços com profundidade abaixo de 190m

ENTRADAS D'ÁGUA A PARTIR DO TOPO DO CALCÁRIO BAMBUÍ



Distribuição das entradas d'água a partir do topo, em poços com penetração de 60 a 80 m.

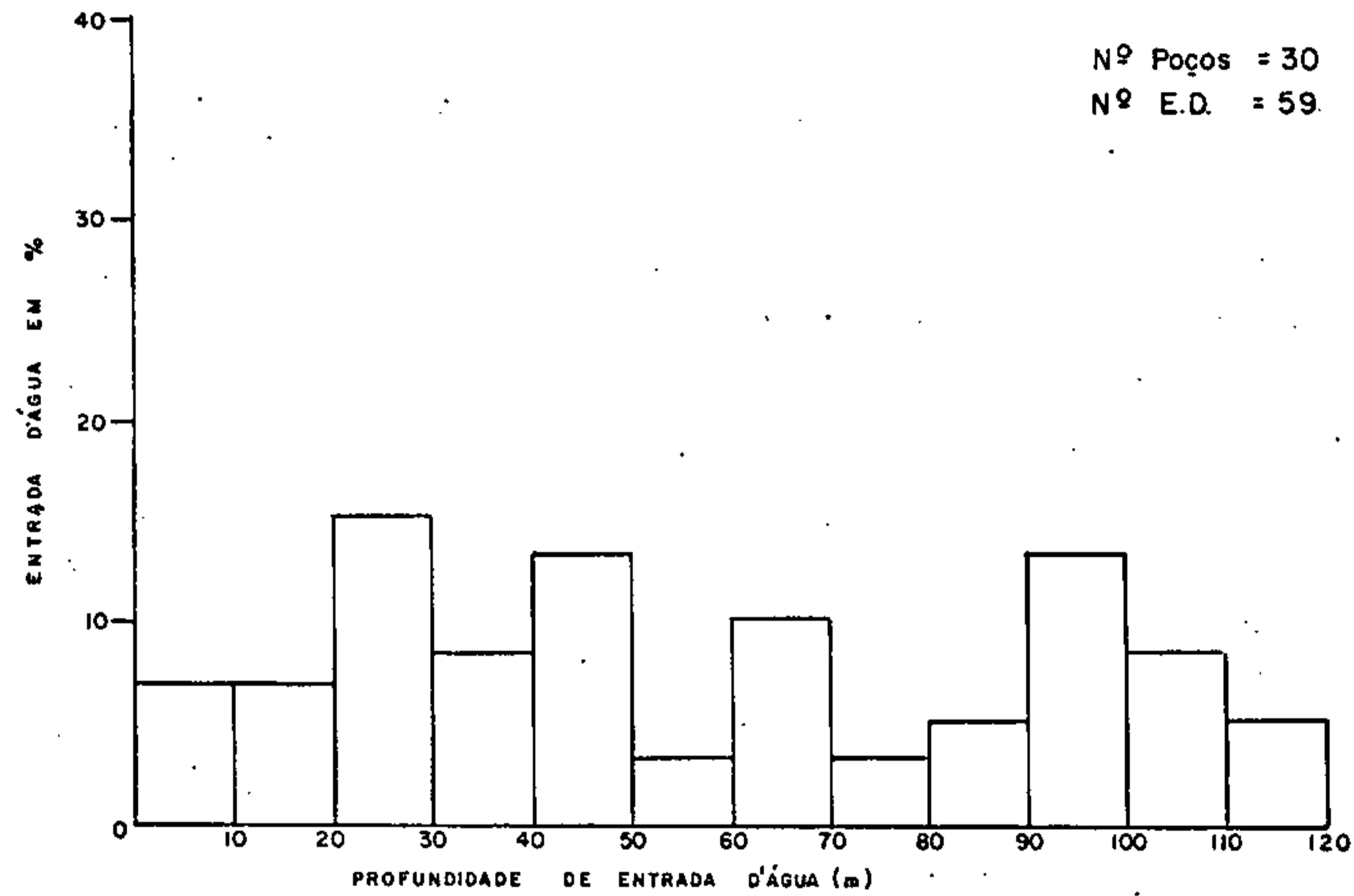
FIG. 6.7.



Distribuição das entradas d'água a partir do topo, em poços com penetração de 80 a 100m

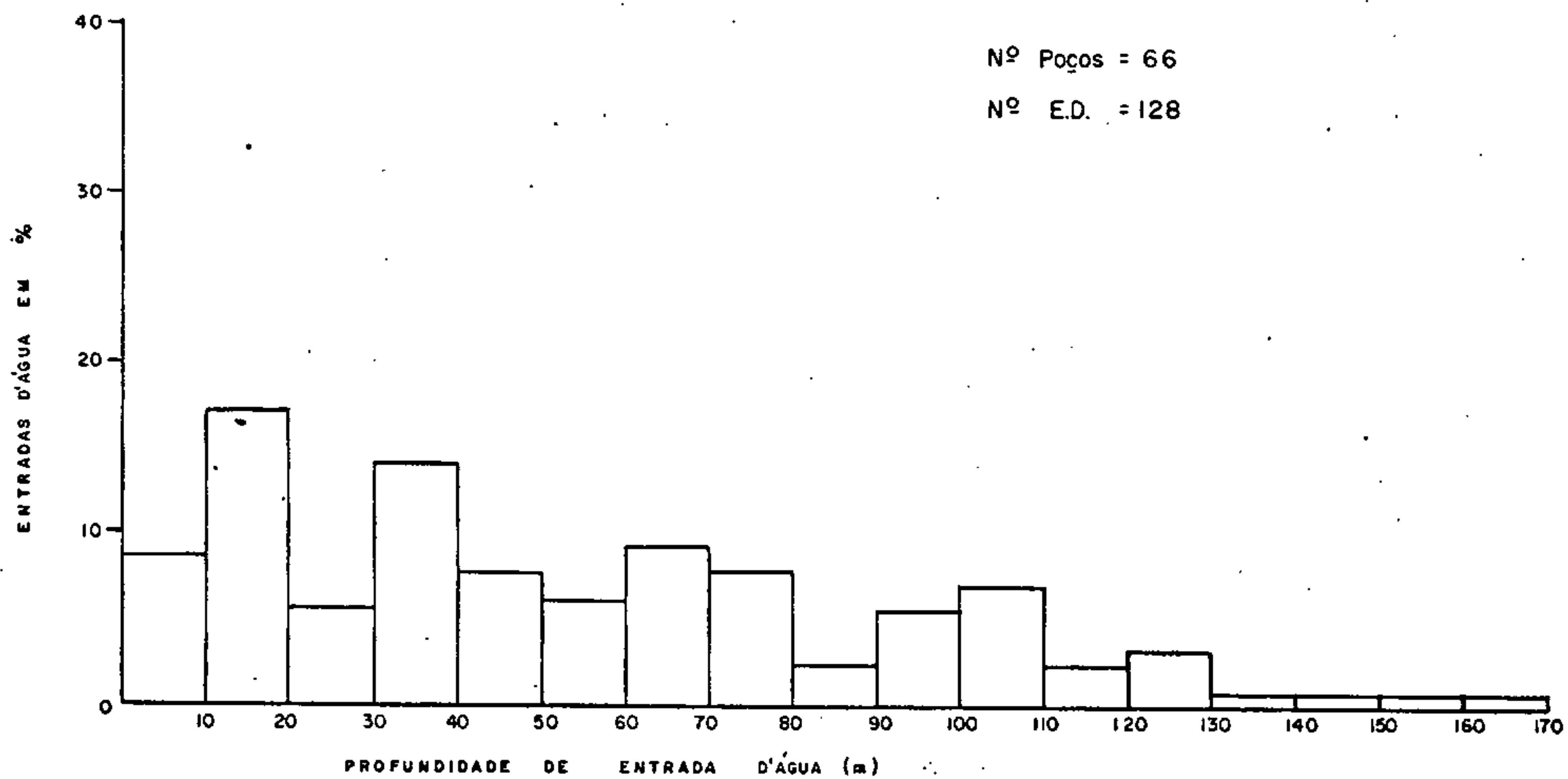
FIG. 6.8.

ENTRADAS D'ÁGUA A PARTIR DO TOPO DO CALCÁRIO BAMBUÍ



Distribuição das entradas d'água a partir do topo em poços com penetração de 100 a 120m

ENTRADAS D'ÁGUA A PARTIR DO TOPO DO CALCÁRIO BAMBUÍ



Obs.: Distribuição das entradas d'água a partir do topo em poços com penetração de mais de 120 m

Na bacia do rio Verde Grande as hidroípsas a parecem muito onduladas e com distanciamento muito irregular. Isto evidencia o caráter anisotrópico do aquífero, com uma permeabilidade variando ao sabor das mudanças litológicas e estruturais. O gradiente hidráulico que facilita a circulação da água, em decorrência dessa anisotropia, apresenta valores variáveis de 0,57% a oeste do rio São Francisco, de 0,15% a SO do mesmo rio, de 1,2% na bacia do rio Verde Grande e 0,3% no centro norte da folha.

Segundo a configuração das linhas piezométricas, onde elas se aproximam mais uma das outras o gradiente é maior e conseqüentemente a transmissibilidade é menor.

Para efeito de cálculo do escoamento natural foram consideradas duas pequenas áreas na região de São João da Ponte - Varzelândia. Na primeira, com escoamento para o rio São Francisco, considerando a equipotencial de 550 m, tem-se um gradiente médio de 1,7% numa frente de escoamento de 75 km. Para efeito de cálculo utilizaremos o valor $T = 2,27 \cdot 10^{-4}$ correspondente ao poço nº 91, por ser o que mais se aproxima dos valores obtidos na folha 23 e em outras áreas de ocorrência do Grupo Bambuí.

A partir dos dados acima temos o seguinte volume do escoamento natural:

$$Q = TIL$$

$$Q = 2,27 \cdot 10^{-4} \cdot 0,017 \cdot 75 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 9,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Considerando a área de 1.056 km^2 e uma pluviometria média de 874 mm/ano, tem-se um volume precipitado da ordem de:

$$V_p = 1.056.10^6 \cdot 0,874$$

$$V_p = 923.10^6 \text{ m}^3$$

Relacionando-se o Q e Vp obtém-se uma taxa de infiltração eficaz de 0,98%.

Na segunda área (1.115km²), com escoamento para o rio Verde Grande, tem-se um gradiente médio de 1,2%. O volume de água que passa pela equipotencial de 600m, correspondente à área selecionada, é de :

$$Q = 2,27.10^{-4} \times 0,012 \times 60.10^3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 5,1.10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

O volume precipitado anualmente é de,

$$V_p = 1.115.10^6 \times 0,874$$

$$V_p = 974.10^6 \text{ m}^3$$

Os valores de Q e Vp permitem determinar uma taxa de infiltração, para a área, de 0,52% da pluviometria.

Os volumes acima dizem respeito apenas às áreas descritas e servem para dar uma idéia da circulação nos calcários do Grupo Bambuí.

6.3.4 Características Dimensionais e Hidrodinâmicas

O nível estático médio na área de ocorrência da Formação Paraopeba, para um total de 655 poços, foi de 23,75m (Fig. 6.1), conservando um paralelismo com a topografia da região. Nos poços perfurados na área em questão, constatou-se que existem entradas d'água até a profundidade de 110m(08 poços), com raríssimas exceções para poços com entrada d'água acima dessa profundidade. As

fendas de 90m a 110m, apresentam-se fechadas e pouco produtoras de água, levando-se em conta que a isópaca média é de 86m.

Tratando-se de rochas de permeabilidade secundária anisotrópica, a espessura saturada irá depender do fraturamento da rocha e do grau de carstificação em cada ponto.

A área de ocorrência da Formação Paraopeba sendo de 29.800 km², numa espessura saturada de 86m, o cálculo do volume saturado na área, será aproximadamente

$$V_s = 29.800 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 86\text{m} = 2,56 \times 10^{12} \text{ m}^3.$$

A determinação de valores representativos das características hidrodinâmicas do aquífero do Grupo Bambuí é bastante restrita, devido ao fato do mesmo ser heterogêneo e anisotrópico e por não se dispor de condições favoráveis a testes de aquífero bem dirigidos.

Testes de bombeamento realizados pela CERB, COPASA e CPRM na campanha do inventário, embora apresentem restrições, foram utilizados para determinação do valor da transmissibilidade, baseado na curva da recuperação pelo método de JACOB, conforme pode ser observado no quadro 6.1. Valores da transmissibilidade no Grupo Bambuí.

Quadro 6,1.

POÇO Nº	LOCAL	MUNICÍPIO	T (m ² /S)
69	Faz. Cedro	Malhada	6,03 x 10 ⁻⁵
75	Iuiú	Malhada	6,8 x 10 ⁻⁵
91	Faz. Rio Verde II	Malhada	2,27 x 10 ⁻⁴
539	Acamp. DER-Jaíba	Manga	1,08 x 10 ⁻³
295	Cidade-Janaúba	Janaúba	1,98 x 10 ⁻³

Quanto ao coeficiente de armazenamento consideramos extensível à nossa área o valor de $0,4 \cdot 10^{-3}$, obtido no teste de bombeamento com piezômetro do poço tubular nº 103.33, em Capitão Enéas, na folha 33. A transmissibilidade aumenta no sentido N - S.

A vazão específica média é de 2.421 l/h/m em 364 poços tubulares, sendo a vazão específica máxima de 70.000 l/h/m (poço 227 - Faz. Ilha, município de Itacarambí), e a vazão específica mínima de 8 l/h/m (poço 597, Fazenda Peroba, município de Manga).

6.3.5 Estimativa das Reservas de Água Subterrânea

As características dimensionais e hidrodinâmicas do aquífero da Formação Paraopeba, anteriormente descritas, permitem apresentar um cálculo estimativo preliminar das reservas de água subterrânea de sua área de ocorrência.

6.3.5.1 Reservas Permanentes

As quantidades de água de saturação podem ser determinadas pela fórmula:

$$V_R = A \cdot e \cdot S$$

onde: V_R = volume de reservas

A = área do aquífero (29.800 km^2)

e = espessura saturada (86m)

S = coeficiente de armazenamento ou restituição ($0,4 \times 10^{-3}$).

Assim teremos:

$$V_R = 1,0 \times 10^9 \text{ m}^3$$

Este valor corresponde à reserva permanente para a área de ocorrência da Formação Paraopeba, inclusive àque las cobertas pelos sedimentos terciário-quaternários. Estão excluídas, todavia, as áreas onde os calcários se encontram sobrepostos pela Formação Urucuia, embora sabendo-se ser esta Formação uma ótima fonte de abastecimento do aquífero Bambuí.

6.3.5.2 Reservas Periódicas e Renováveis

Em estudos realizados pela SUDENE, IPT e OESA na região de Irecê (BA) foram determinadas variações anuais do nível estático oscilantes em torno de 2m. No presente estudo, por seu caráter preliminar, não foi feito um acompanhamento contínuo, nem mesmo sazonal, das variações dos referidos níveis. Em um linígrafo localizado no poço 554 (Jaíba) constataram-se variações temporárias intimamente relacionadas às irregularidades das chuvas (fig.6.11). Assim as grandes variações não seriam apenas sazonais, mas se verificam dentro da mesma estação, graças a períodos de estiagem dentro dos chuvosos. No registro linimétrico do referido poço determinou-se uma oscilação do nível estático de 0,57 m, computando-se os seus maiores valores. O dado acima não será utilizado na avaliação, por representar apenas uma informação pontual que não pode ser generalizada para um aquífero do grau de anisotropia do Bambuí, e principalmente pelo reduzido período coberto pelo registro.

No item 6.3.3 foram determinadas as taxas de

VARIAÇÕES DA SUPERFÍCIE PIEZOMÉTRICA
POÇO Nº 554 - JAIBA

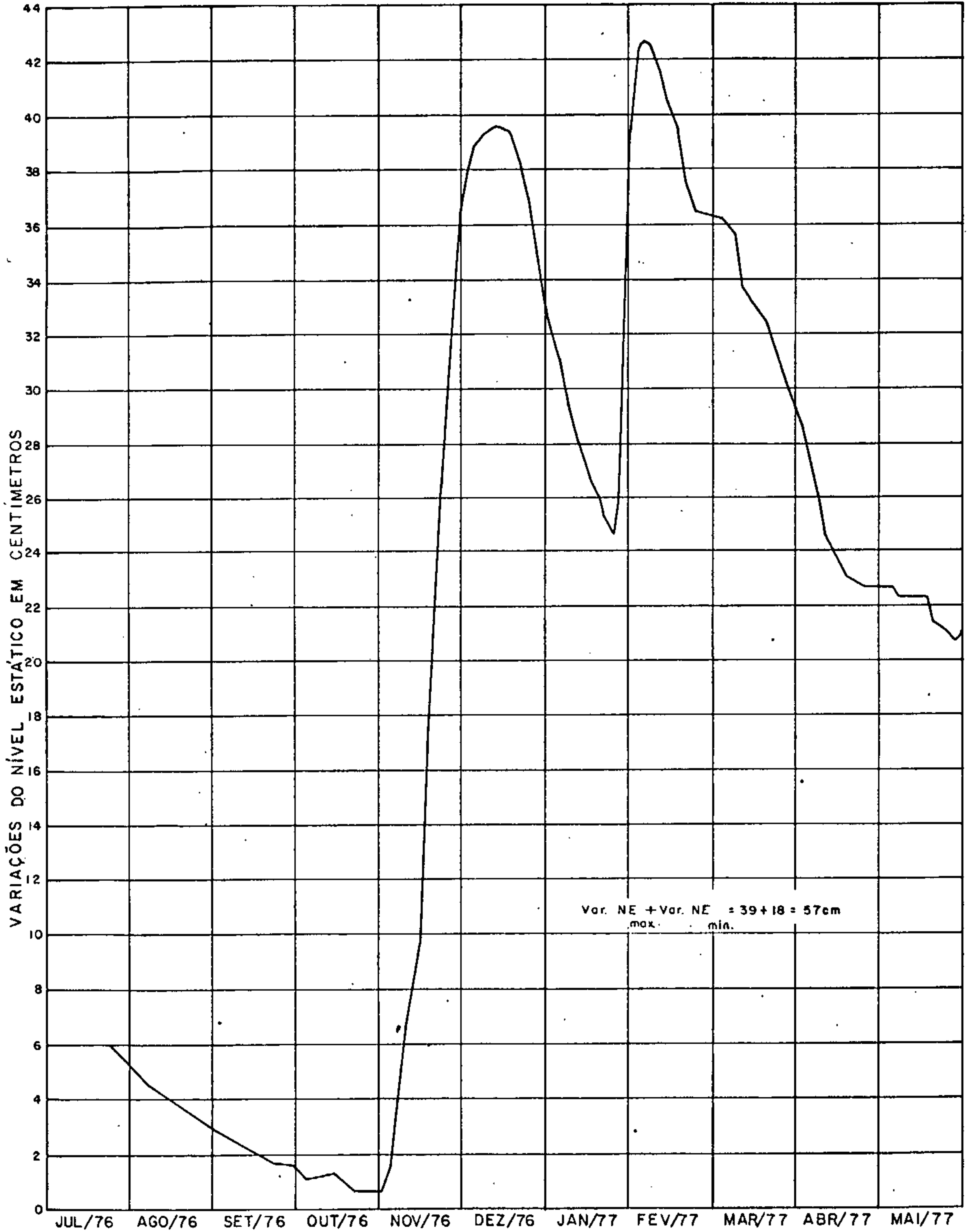


FIG. 6.11.

infiltração de 0,98% a 0,52% da pluviometria, para duas áreas situadas no extremo sul da ocorrência da Formação Paraopeba. A média desses dois valores é de 0,75%, muito próxima de valores determinados para a infiltração no aquífero Bambuí de outras áreas.

Conhecendo-se a pluviometria média (874mm/ano) e o percentual de infiltração, pode-se avaliar o volume de água anualmente renovado, pela fórmula:

$$V_r = \frac{V_p \cdot I}{100}$$

onde: $V_p = 26.10^9 \text{ m}^3$ (item 6.3.1)

então: $V_r = 195.10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$

Isto, na fração do Grupo Bambuí delimitada pela folha, corresponderia a contribuição efetiva das chuvas ao aquífero e equivale à reserva anual que se poderia utilizar, ou seja a vazão do escoamento natural anual para os rios, mais a água captada para o consumo através dos inúmeros poços e cacimbas existentes.

6.3.6 Estimativa da Demanda

A água subterrânea da Formação Paraopeba, de exploração intensa e extensiva no âmbito da folha, constitui o abastecedor exponencial de toda população e rebanho nas áreas mais afastadas dos rios São Francisco, Carinhonha e Verde Grande.

Azevedo Neto recomenda, para o abastecimento das cidades brasileiras, as quotas médias diárias relacionadas no quadro a seguir:

POPULAÇÃO (em 1.000 hab.)	CONSUMO (l/p/d)	
	RURAL	URBANA
Até 5	100	150
5 - 25	150	200
25 - 100	200	250
Mais de 100	250	300

A partir dos dados acima para a população, e da quota de 50 l/d para a unidade animal padrão (UAP) e dos quadros 4.9 e 4.10, teremos as seguintes demandas anuais:

População : $18,55 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 Rebanho : $26,93 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 Total : $45,48 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

O volume de água exigível pela população e rebanho, a partir dos depósitos hídricos subterrâneos de verá ser sensivelmente inferior ao total acima determinado, isto porque, nas zonas ribeirinhas, a água de superfície é o abastecedor natural.

Confrontando, todavia, os valores de demanda com as disponibilidades (6.3.5), temos um resultado desairoso, correspondendo estas a menos de 25% do exigível total.

A vazão média de 2,15 l/s, no total de 517 pos tubulares, impede-nos de pensar na utilização do aquífero Bambuí, na área, para irrigação, o que seria viável, em função da reserva disponível, sem detrimientos dos outros fins.

6.3.7 Condições de Exploração

A exploração deste aquífero se faz intensamente através de 655 poços tubulares executados principalmente pelo DNOCS, CONESP/SUDENE, CERB, COPASA e particulares como: Ruraltécnica S.A., Mapel e Mecapoços Ltda., Cia.T. J_aner Comércio e Indústria e outras firmas com pequenas quantidades de poços tubulares perfurados na área em estudo. Além desses poços tubulares, existem 80 poços manuais e 40 fontes.

Pelo exposto, o melhor aquífero regional é o calcário da Formação Paraopeba, que, todavia, apresenta dificuldades de locação de poços pelo fato de sua anisotropia.

O critério usado pela CONESP/SUDENE e DNOCS para locação de poços foi preferencialmente o de posicioná-los junto às dolinas e cotas topográficas mais baixas. Pode-se observar que o alinhamento de dolinas indica a existência de uma linha estrutural facilitada por fraturas e diáclases, com o auxílio da dissolução cárstica, indicando ótimas condições para captação do aquífero.

Os gráficos executados para a área de ocorrência do Grupo Bambuí, referentes às entradas d'água, indicam que a profundidade ideal de perfuração seria no máximo de 110m, com a média de nível estático variando de 20m a 40m e com penetração máxima, no calcário fresco, de 80m, independente da espessura de capeamento.

6.4 Comportamento Hidrogeológico dos Sedimentos Cretáceos, Terciário-Quaternário e Quaternários.

6.4.1 Sedimentos Cretáceos

A Formação Urucuia ocorre em regiões topograficamente elevadas com cotas variando de 450m a 800m, cobre uma superfície de 10.150 km², situada na região ocidental da folha em estudo e a oeste do rio São Francisco, equivale a 14% da área estudada. O aquífero é livre e sua recarga se processa principalmente por infiltração direta das águas pluviais que, após certo percurso, retornam à superfície sob a forma de fontes, na base das encostas. Esses exutórios alimentam rios perenes afluentes da margem esquerda do rio São Francisco, tais como: ribeirão Pandeiros, rio Peruaçu e rio Carinhanha.

O aquífero Urucuia geralmente apresenta fracas possibilidades hídricas, podendo ocorrer bons depósitos em zonas de depressão do paleorrelevo. A principal função hidrogeológica do Urucuia está na alimentação do aquífero Bambuí.

As boas condições de permeabilidade da sequência constituída de arenitos finos a médios, localmente argilosos, com intercalações de siltito argiloso e horizontes silicificados, são prejudiciais ao armazenamento, já que sua forma de ocorrência em platôs, facilita que a água infiltrada seja restituída através das escarpas.

A região não possui nenhum poço tubular que permita obter as características hidrodinâmicas necessárias ao dimensionamento do aquífero.

Avalia-se uma espessura da Formação Urucuia, que varia de sul para norte de 50m a 300m, desde as proximidades do local denominado "Bonito", município de Januária

ria, até o morro do Sumidouro (cabeceira do rio Catolé).

Os exutórios da Formação Urucuia, apresen tam uma média de resíduo seco de 68,5 mg/l, o que de monstra o pouco contato água-rocha.

6.4.2 Sedimentos Terciário-Quaternários

A cobertura laterito-detrítica constituída de depósitos arenosos ou argilosos e areno- argilosos, constitui os sedimentos Terciário-Quaternários, que ocor rem em vários níveis de pediplanação, em altitudes de 900 a 1.250m.

Ocorrem dispersamente em toda região da fo lha 31, ocupando uma área de 13.480 km². Como aquífero é fraca a sua potencialidade, pois, sua permeabilidade é a posição topográfica permitem um rápido escoamento das águas pluviais infiltradas que vão alimentar as rochas subjacentes (Paraopeba, Macaúbas e Pré-Espinhaço), ou retornam à superfície indo aumentar o escoamento.

Todos os poços tubulares perfurados nesses sedimentos Terciário-Quaternários, foram realizados pro curando as rochas subjacentes, tendo em vista a fraca potencialidade dessa cobertura. Sua espessura predomi nante é da ordem de 50m, e localmente é explorado atra vés de poços manuais de grande diâmetro.

6.4.3 Aluviões Quaternários

Abrangem depósitos recentes e terraços alu viais constituídos por sedimentação detrítica, areno argilosa com intercalações de leitos de cascalho.

As aluviões e terraços fluviais ao longo do rio São Francisco, principalmente na região de Itacarambí, são constituídos de sedimentos arenosos de granulometria média a grossa, que atingem a espessura máxima de 30m.

A COPASA perfurou um poço tubular (nº 492.31) no leito do rio São Francisco, junto à cidade de Januária, visando ao abastecimento de água da cidade. Como característica hidrodinâmica apresentou um valor da transmissibilidade igual a $1,15 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ e vazão específica de 436 l/h/m.

O valor do coeficiente de armazenamento não foi determinado por falta de piezômetros. Conforme os resultados obtidos nas curvas de recessão e base piezométrica, as aluviões estão sujeitas às influências, ora do escoamento de águas subterrâneas da Formação Paraopeba ora do abastecimento direto do rio São Francisco.

A oeste e sudeste, estudos realizados na área indicam que as aluviões recebem alimentação do sistema cárstico, enquanto que no trecho de Januária a Fazenda do Porto, ocorre o inverso, passando as aluviões a alimentar as rochas da Formação Paraopeba.

É um aquífero do tipo livre, cujas águas são atualmente utilizadas no abastecimento da população rural e pequenos povoados, que o captam através de poços manuais.

7. HIDROQUÍMICA

7.1 . Introdução

Em trabalho do tipo aqui realizado, o estudo da qualidade das águas subterrâneas visa apenas a um rápido conhecimento do comportamento hidroquímico da região, bem como dar uma primeira definição da adequação das águas para aproveitamento de consumo humano, agrícola e industrial.

Com este objetivo foram coletadas e analisadas cerca de 130 amostras de água provenientes dos mais variados pontos da folha. Tal número é insignificante quando comparado à extensão e diversificação geológica e climática da área estudada e não permite senão generalizações sobre as características químicas das águas.

Evidentemente a coleta das amostras foi orientada dentro do objetivo do trabalho, isto é, dar uma visão geral do comportamento qualitativo das águas subterrâneas.

Embora tenha-se dado preferência às águas originárias de poços tubulares, várias amostras provenientes de poços manuais foram analisadas. A maioria dos dados refere-se ao aquífero Bambuí, por ser o mais importante da região. Os poços manuais normalmente captam água das aluviões e de coberturas terciário-quaternárias de ampla utilização no âmbito da folha. Nenhuma análise refere-se ao arenito Uruçuaia, por não constituir este um aquífero, mas apenas um meio poroso que absorve e transfere água às rochas subjacentes. Vários pontos estrategicamente selecionados não foram amostrados por se encontrarem equipados com sistemas de bombeamento de difícil remoção ou por estarem abandonados. Isto nos privou de importantes informações no esclarecimento de

problemas locais. Por outro lado, algumas das análises efetuadas não puderam ser utilizadas no presente estudo por apresentarem erros superiores aos permissíveis.

O critério de amostragem adotado visou, para o número de análises previsto, dar uma idéia mais abrangente dos diversos tipos químicos de água possíveis de ocorrência na região, bem como as subordinações destes às variações litológicas e climáticas.

Pelo exposto, foram levados em consideração no presente estudo, apenas, os aspectos químicos das águas, fazendo-se uma apreciação somente de natureza regional, com especial ênfase às águas do aquífero Bambuí onde se dispõe de um maior número de informações.

Os tipos químicos de águas foram determinados pelo diagrama trilinear de Piper (Fig. 7.1), encontrando-se 5 tipos, mas com uma nítida predominância das águas bicarbonatadas (90%). O segundo grupo mais frequente (cloretado) constitui apenas 3,75% das 80 amostras consideradas, isto mesmo, pertencentes a três subtipos distintos (magnesiano, calcio-magnesiano e calcio-sódico).

7.2 Características Químicas das Águas Subterrâneas

7.2.1 Substrato Cristalino

Excluindo-se as águas procedentes de poços manuais, foram analisadas 25 amostras colhidas em pontos d'água da área cristalina. Destas, 4 dizem respeito a fontes em quartzito. As demais foram coletadas em poços profundos que penetram diferentes tipos de rochas.

Os resultados obtidos mostram grande variação na

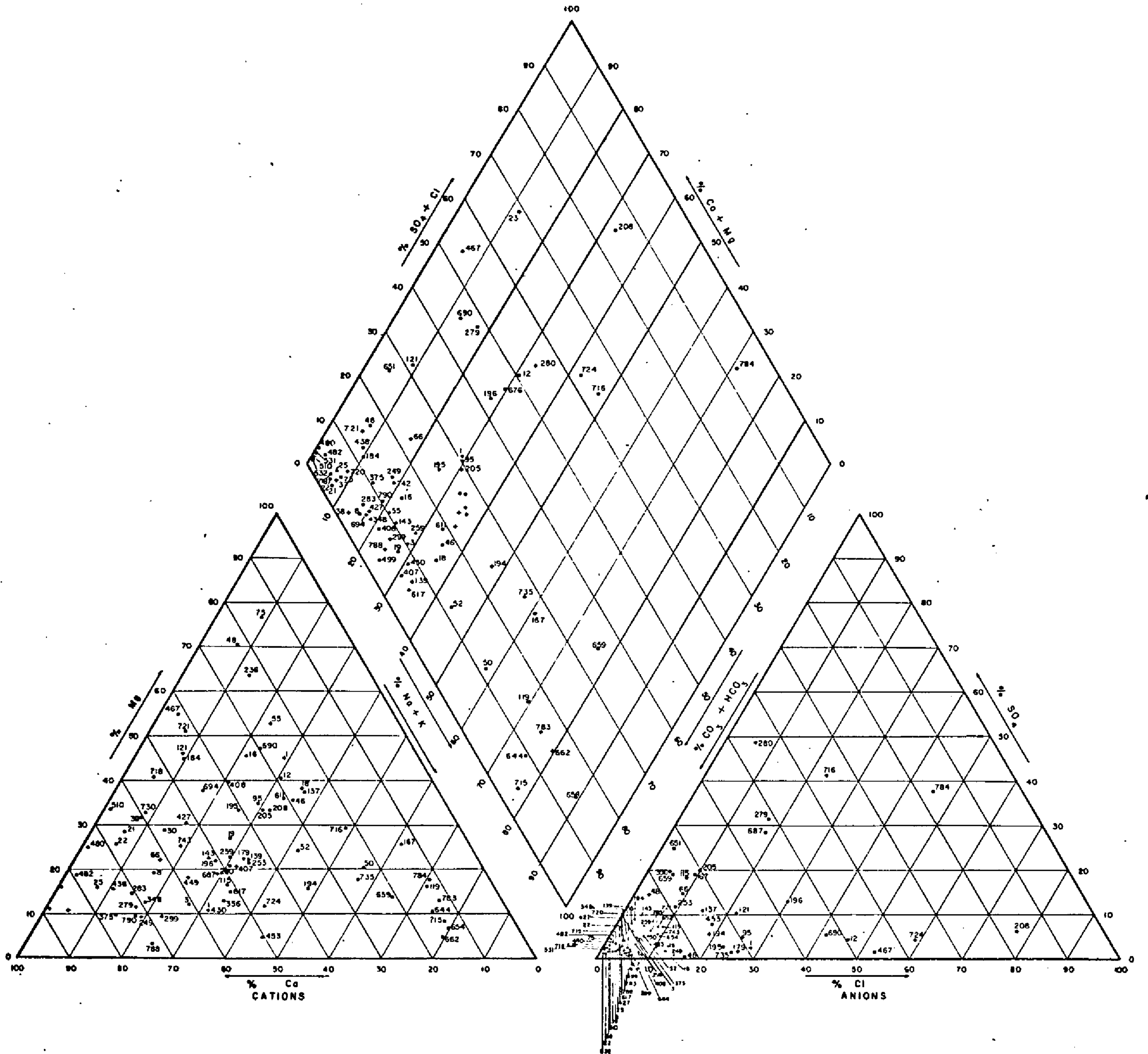


DIAGRAMA TRILINEAR DE PIPER

FIG. 7.1.

composição das águas, não raro em áreas relativamente próximas, devido às características do sistema aquífero, onde a circulação e condições de renovação da água são extremamente variáveis. São todas águas bicarbonatadas, com apenas uma ocorrência do tipo bicarbonatada-cloretada (Pajeú do Vento, município de Caetité-BA). Com relação aos cátions, embora 40% sejam águas cálcicas (24%) e magneso-sódicas (16%), não podemos dizer que haja uma nítida predominância de um determinado tipo, devido ao reduzido número de análises e a ocorrência, em proporção variável, de várias outras fácies.

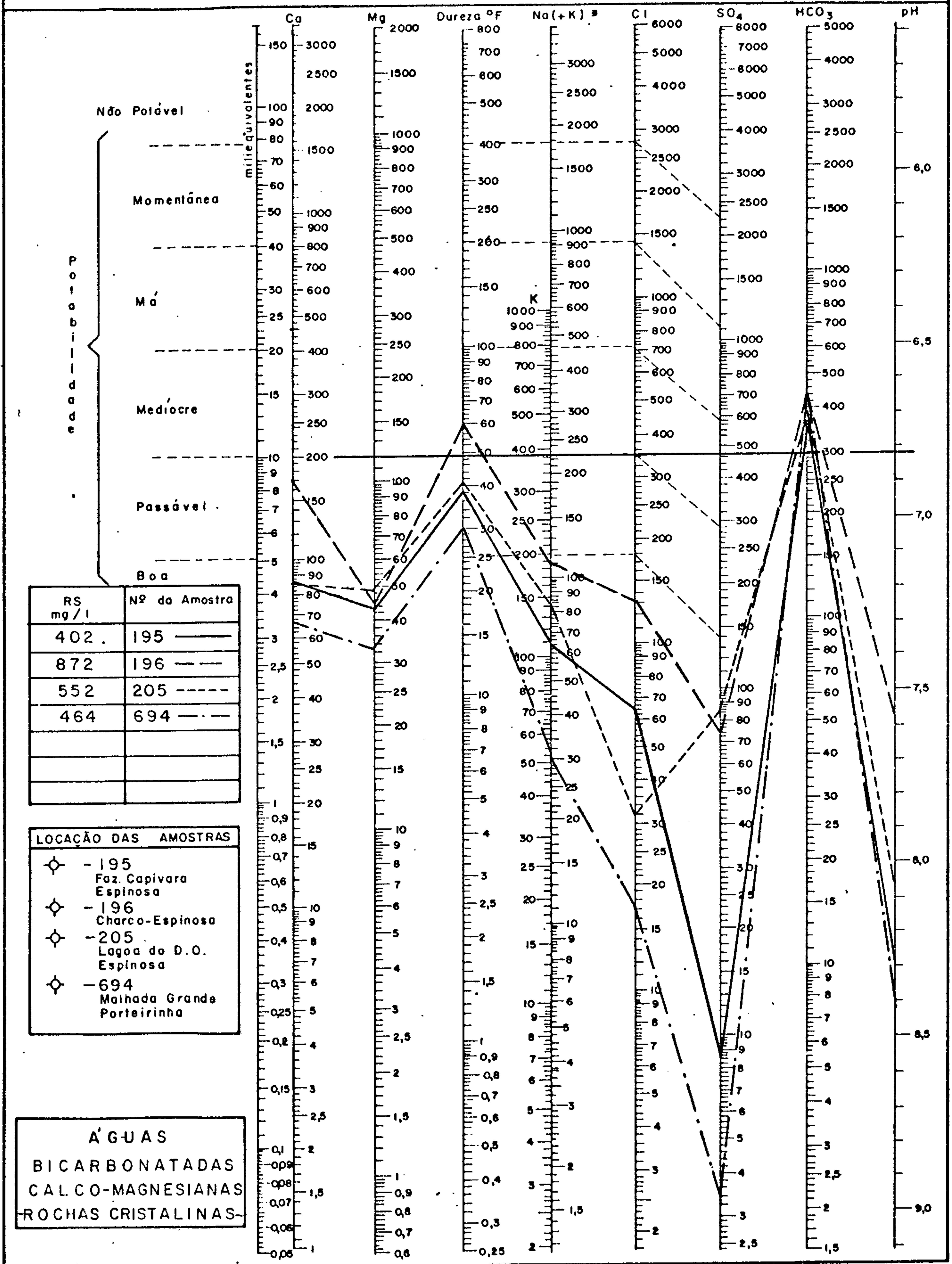
O pH é muito variável, estando normalmente compreendido entre 7 e 8,4, sendo os menores valores encontrados nos quartzitos. Os valores de Cl são baixos, normalmente inferiores a 50 mg/l e não raro menores que 10mg/l. Ao contrário, os valores de HCO_3 são elevados, geralmente entre 100 e 500 mg/l. De um modo geral tanto os ânions como os cátions apresentam valores muito variáveis, fato este bem visível nos diagramas logarítmicos das figuras 7.2 a 7.4 e nos diagramas de Stiff das figuras 7.5 a, b, 7.6 c, e 7.7 c.

Espacialmente não se pode determinar áreas de predominância de um determinado tipo químico de água, isto porque, a amostragem é muito rarefeita e apenas tem significação pontual. Apenas as águas bicarbonatadas sódicas parecem limitadas ao extremo SE da folha e a sua composição química influenciada pelas coberturas sedimentares terciário-quaternárias.

Os valores do resíduo seco são diversificados, desde menores de 100 mg/l (poços nº 48 e 783) até maiores de 1000 mg/l, mas normalmente inferiores a este último valor e com predominância de resíduos secos inferiores a 500 mg/l.

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA

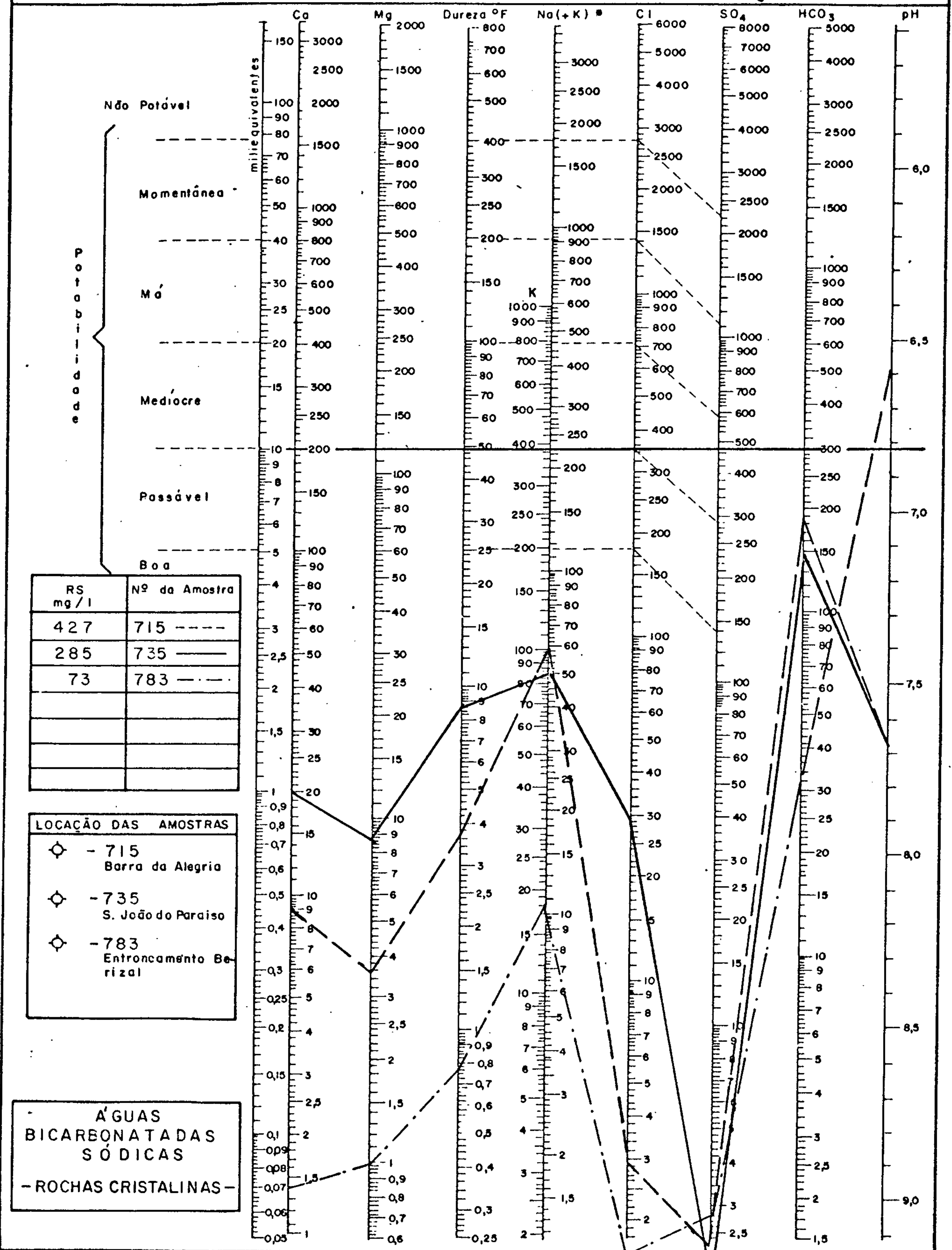
TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO



* Na (+K) transformar K em equivalente Na e somar

Fig. 7.2

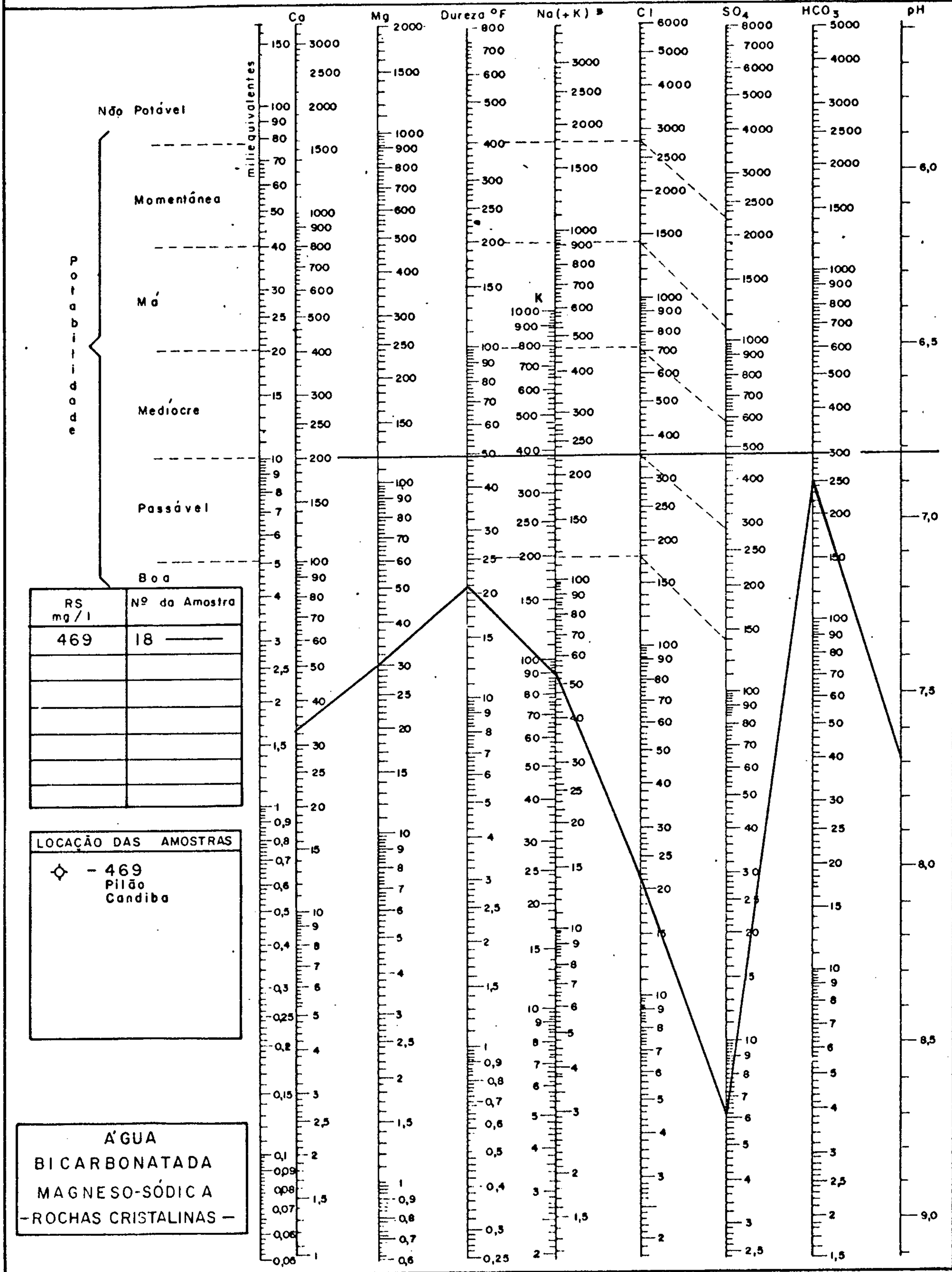
DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO



* Na (+K) transformar K em equivalente Na e somar

Fig. 7.3

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO



* Na (+K) transformar K em equivalente Na e somar

Fig. 7.4

DIAGRAMA DE STIFF (meq/l)
 MODIFICADO SEGUNDO CUSTÓDIO

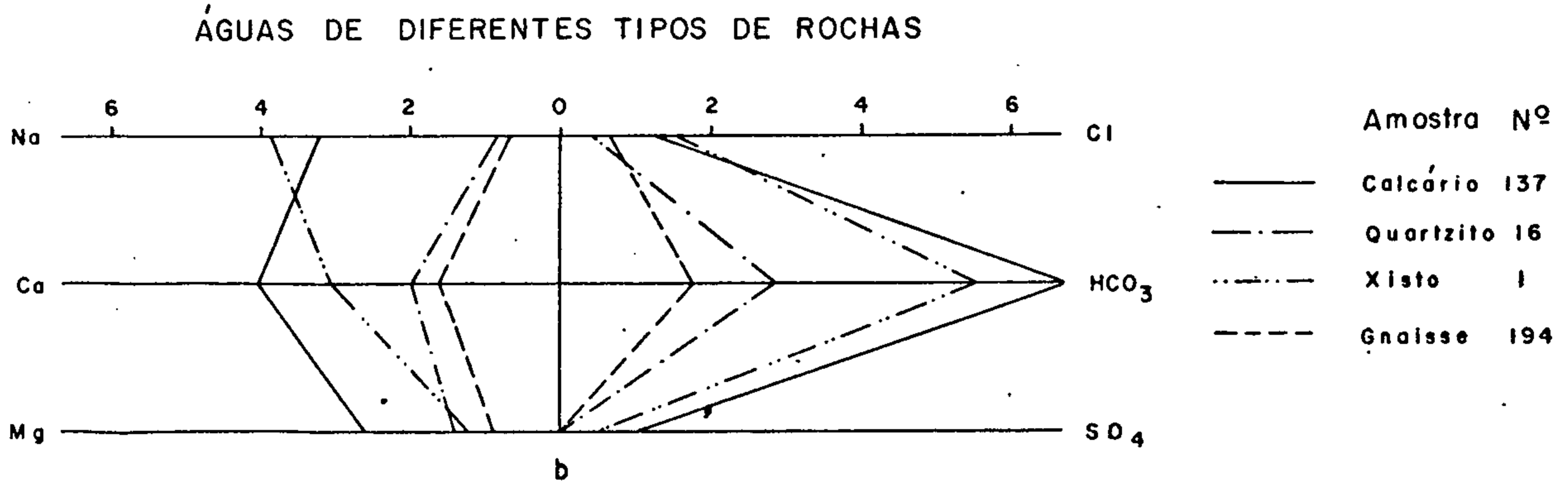
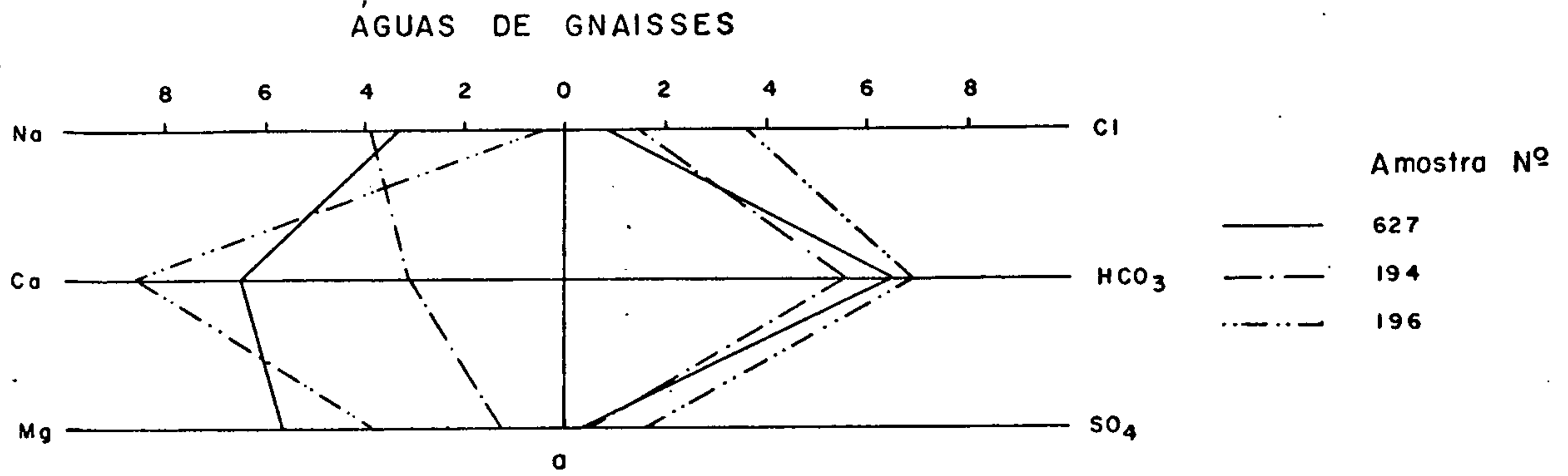
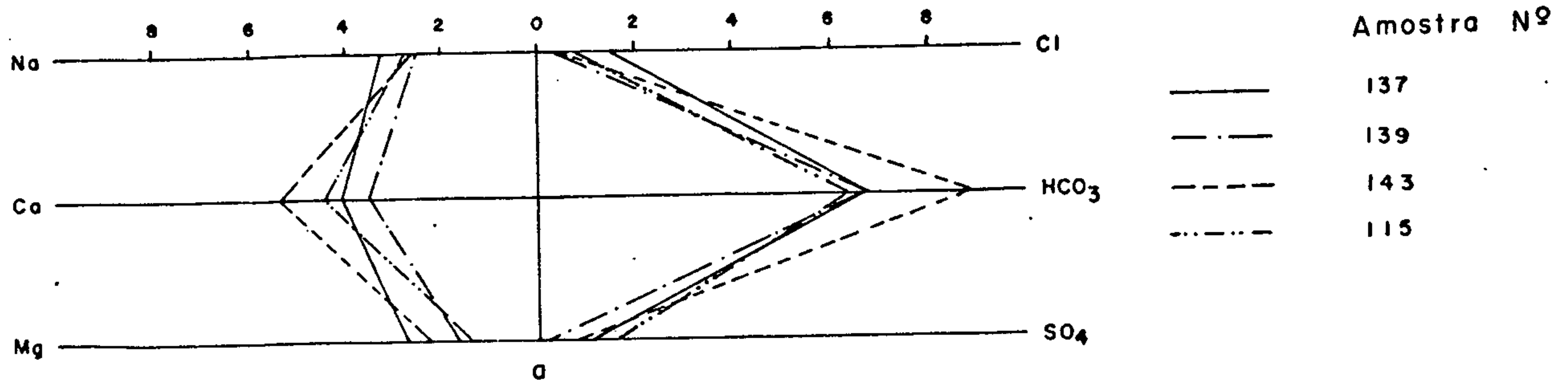


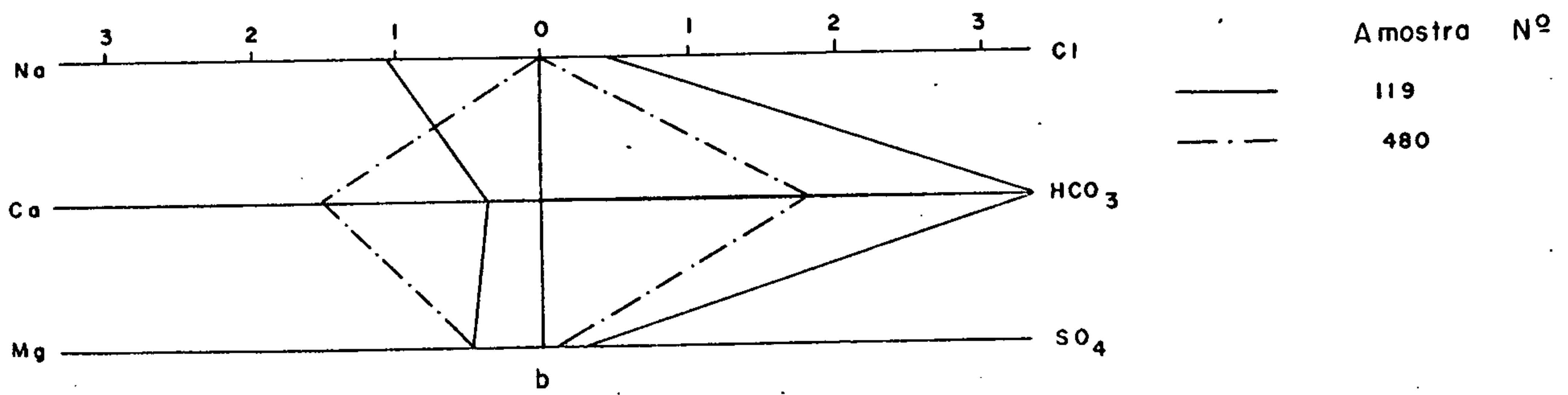
FIG. 7.5

DIAGRAMA DE STIFF (meq/l)
MODIFICADO SEGUNDO CUSTÓDIO

ÁGUAS DO CALCÁRIO BAMBUÍ



ÁGUAS DO CALCÁRIO BAMBUÍ



ÁGUAS DE QUARTZITOS

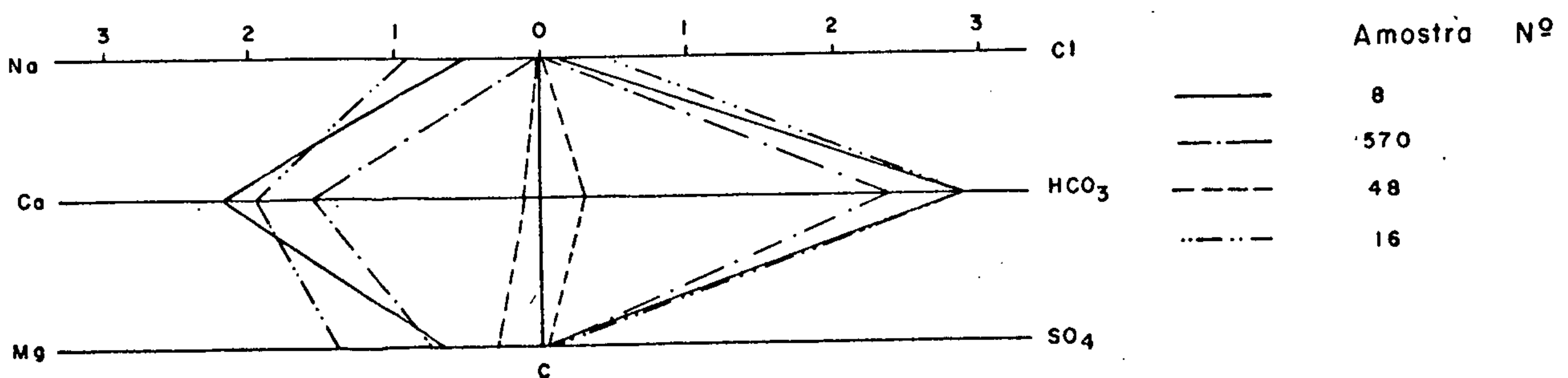
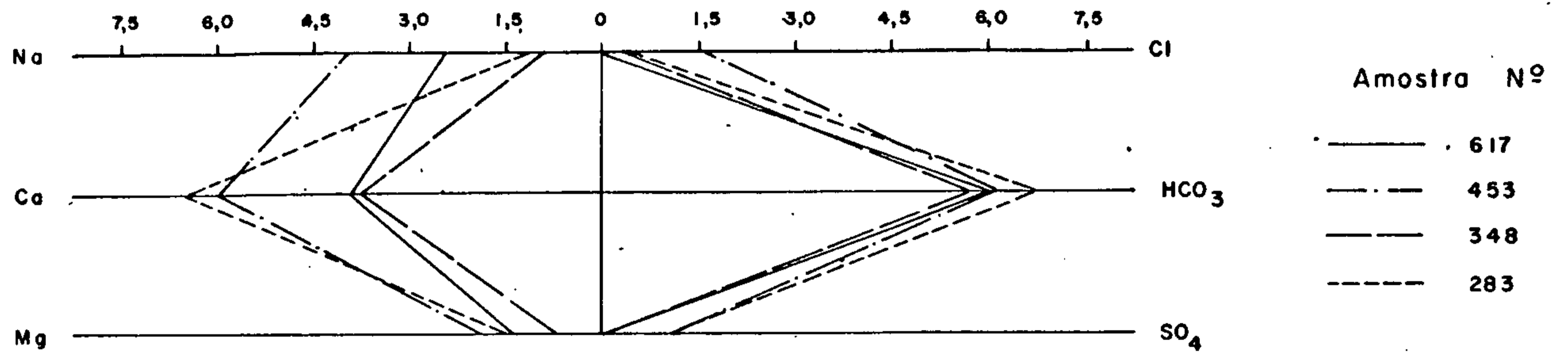
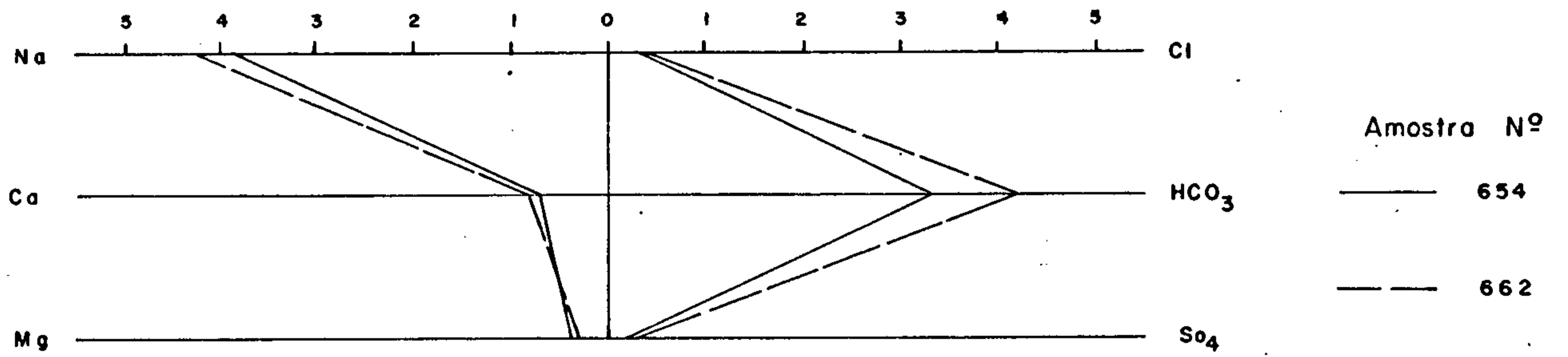


FIG. 7.6.

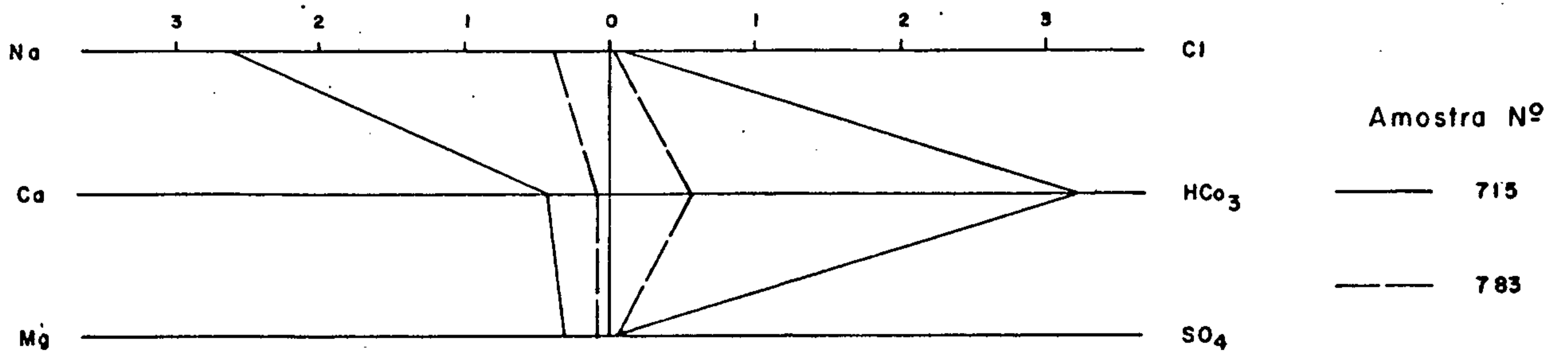
DIAGRAMA DE STIFF MODIFICADO (meq/l)
SEGUNDO CUSTÓDIO



a) Águas Bicarbonatadas Cálcicas do Grupo Bambuí



b) Águas Bicarbonatadas Sódicas do Grupo Bambuí



c) Águas Bicarbonatadas Sódicas das Rochas Cristalinas

Os valores mais elevados foram encontrados em Candiba (poço nº 17) e na região de Monte Azul (Fazendas Mocozinho e Novo Horizonte), com respectivamente 1.430, 1.720 e 1.040 mg/l de resíduos secos.

A salinidade é diretamente influenciada pela tectônica das rochas e pelas coberturas sedimentares recentes. As áreas de maior fraturamento permitem uma circulação mais rápida da água e uma renovação mais efetiva. As coberturas agindo como coletores das águas pluviais possibilitam uma recarga mais duradoura dos aquíferos que lhes são inferiores, além, de por serem mais permeáveis que as rochas do embasamento, permitirem uma mais rápida infiltração, diminuindo os efeitos da evapotranspiração, principal responsável pela concentração de sais nas águas. Como se sabe, a evaporação em grande escala na superfície, pode causar a precipitação de carbonatos devido a decomposição de HCO_3 e SO_4 . Esta precipitação produz, às vezes, um aumento de Mg e, portanto, aumento da relação Mg/Ca.

A dureza é bastante variável, com valores que vão de 0,7 a 60°F. (Quadro 7.1)

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DO SUBSTRATO CRISTALINO

Tipos de Águas	Dureza total (°F)	Número de Amostras	Porcentagem
Muito doces	< 7	5	20
Doces	7 a 14	4	16
Medianamente duras	14 a 22	3	12
Bastante duras	22 a 32	5	20
Duras	32 a 54	6	24
Muito duras	> 54	2	8

QUADRO 7.1

De um modo geral as águas mais duras correspondem águas de maior quantidade de sais dissolvidos.

7.2.2 Grupo Bambuí

As águas do Grupo Bambuí são, com raras exceções, boas, razoavelmente agradáveis ao paladar, límpidas, inodoras, sem material em suspensão, embora possa ocorrer pequena turbidez.

Quimicamente apresentam resultados relativamente homogêneos, nas amostras analisadas. Apenas uma amostra apresenta resíduo seco superior a 1.500 mg/l. A grande maioria (73%) tem valores entre 200 e 600 mg/l, sendo que 62,5% tem valores inferiores a 400 mg/l e em somente 10%, o resíduo seco é superior a 1.000 mg/l.

As maiores concentrações salinas encontram-se no extremo centro-sul da área, a SO de Janaúba, no divisor de águas dos rios Verde Grande e Gorutuba. Isto deve-se ao fato dessa área ser constituída preferencialmente por siltitos e ardósias, de muito fraca permeabilidade, que dificultam a circulação da água.

Por toda a área restante de ocorrência do Grupo Bambuí os teores de salinidade apresentam somente pequenas variações. Há uma distribuição dos seus valores consoante à circulação das águas, estando os menores valores nas zonas de recarga. Nota-se uma verdadeira gradação a partir da Formação Urucua e em sentido das zonas de descarga representadas pelos principais rios da região (São Francisco, Verde Grande, etc). Ocorrem casos especiais, locais, com valores fora desta ordem, que denunciam a presença de zonas de difícil circula

ção.

O pH é normalmente alto, variando entre 7,1 e 8,6, mas com 50% dos valores acima de 8,0.

A dureza total é bastante diversificada (Quadro 7.2), com predominância de águas duras (51%). As fontes e as águas bicarbonatadas sódicas apresentam dureza total geralmente abaixo de 14 °F, o que as classifica como águas muito do ces.

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DO GRUPO BAMBUÍ

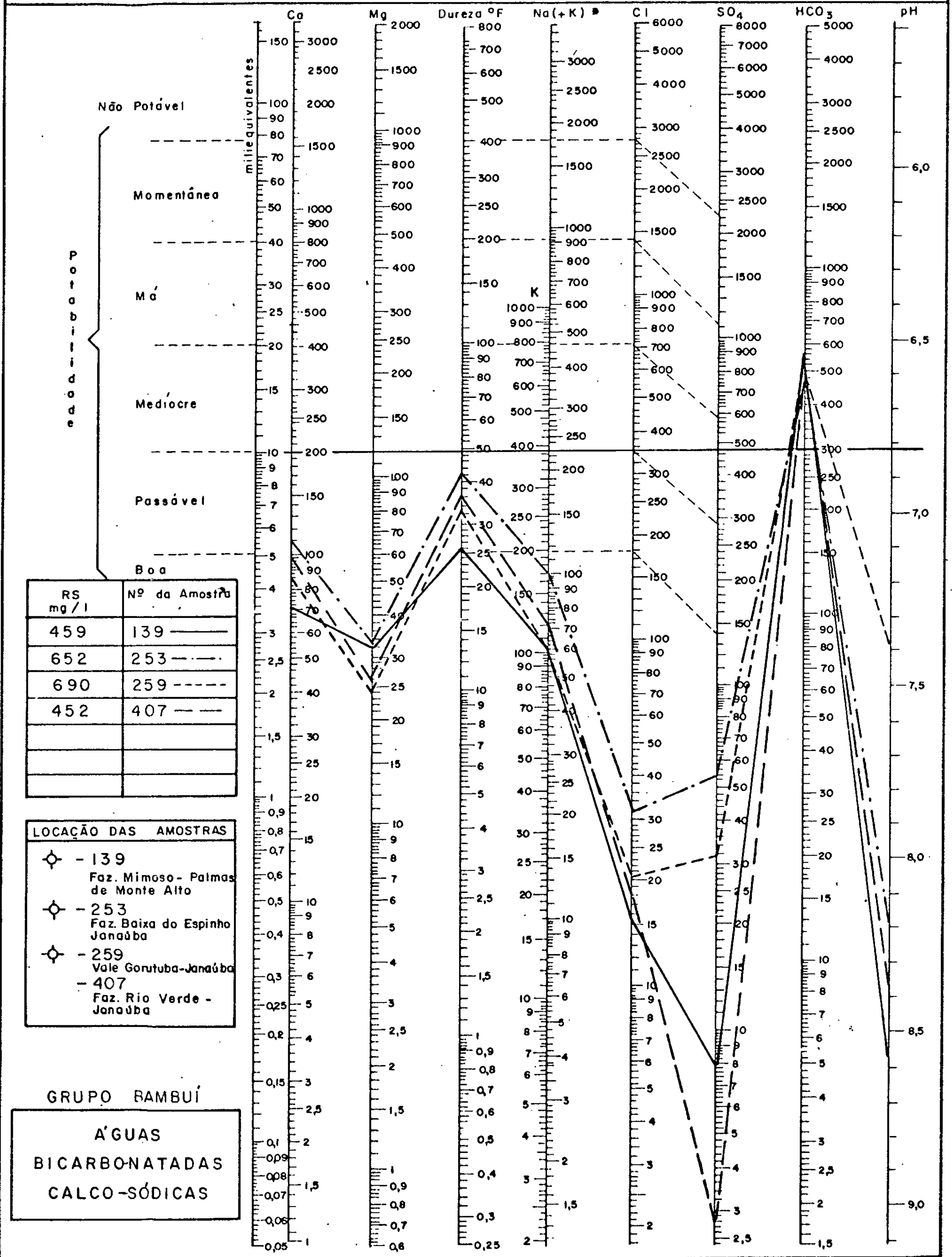
DUREZA TOTAL (°F)	NUMERO DE AMOSTRAS	PERCENTAGEM	PERCENTAGEM ACUMULADA
7	6	15,4	15,4
7 a 14	2	5,1	20,5
14 a 22	4	10,2	30,7
22 a 32	6	15,4	46,1
32 a 54	20	51,3	97,4
54	1	2,6	100,0

Quadro 7.2

As águas do Grupo Bambuí são do tipo bicarbonatadas, principalmente cálcicas (67%). Ocorrem ainda as fácies sódica (18%), calco-sódica (10%), magnesiana (2.5%) e calco-magnesiana (2,5%). V.Figs. 7.6a,b e 7.7a,b

Pelo diagrama logarítmico estabelecido por Schoeller-Berkaloff (Figs. 7.8 a 7.10) todas as amostras apresentam potabilidade permanente, predominando as famílias de potabilidade boa e passável.

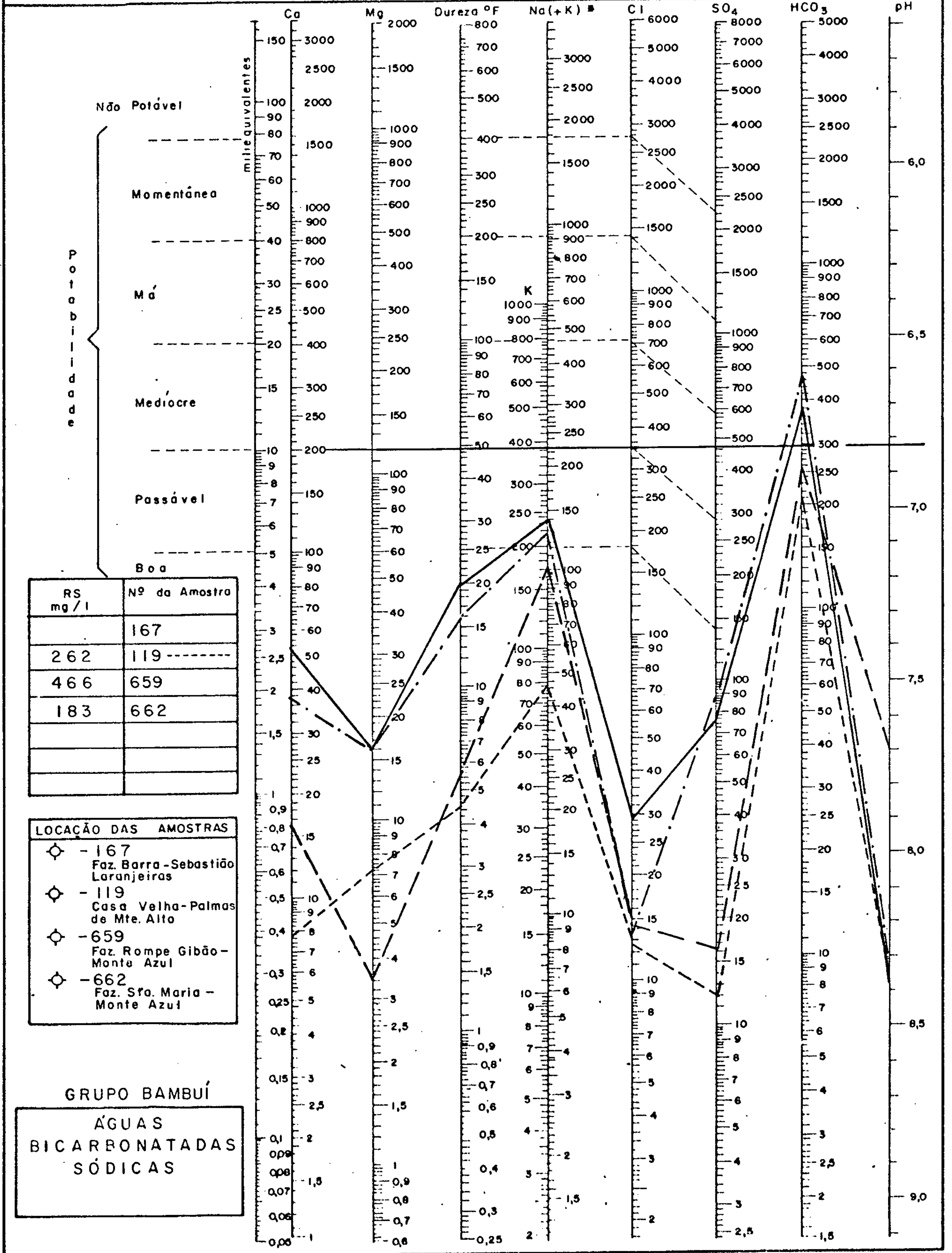
DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO



* Na (+K) transformar K em equivalente Na e somar

Fig. 7.8

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO

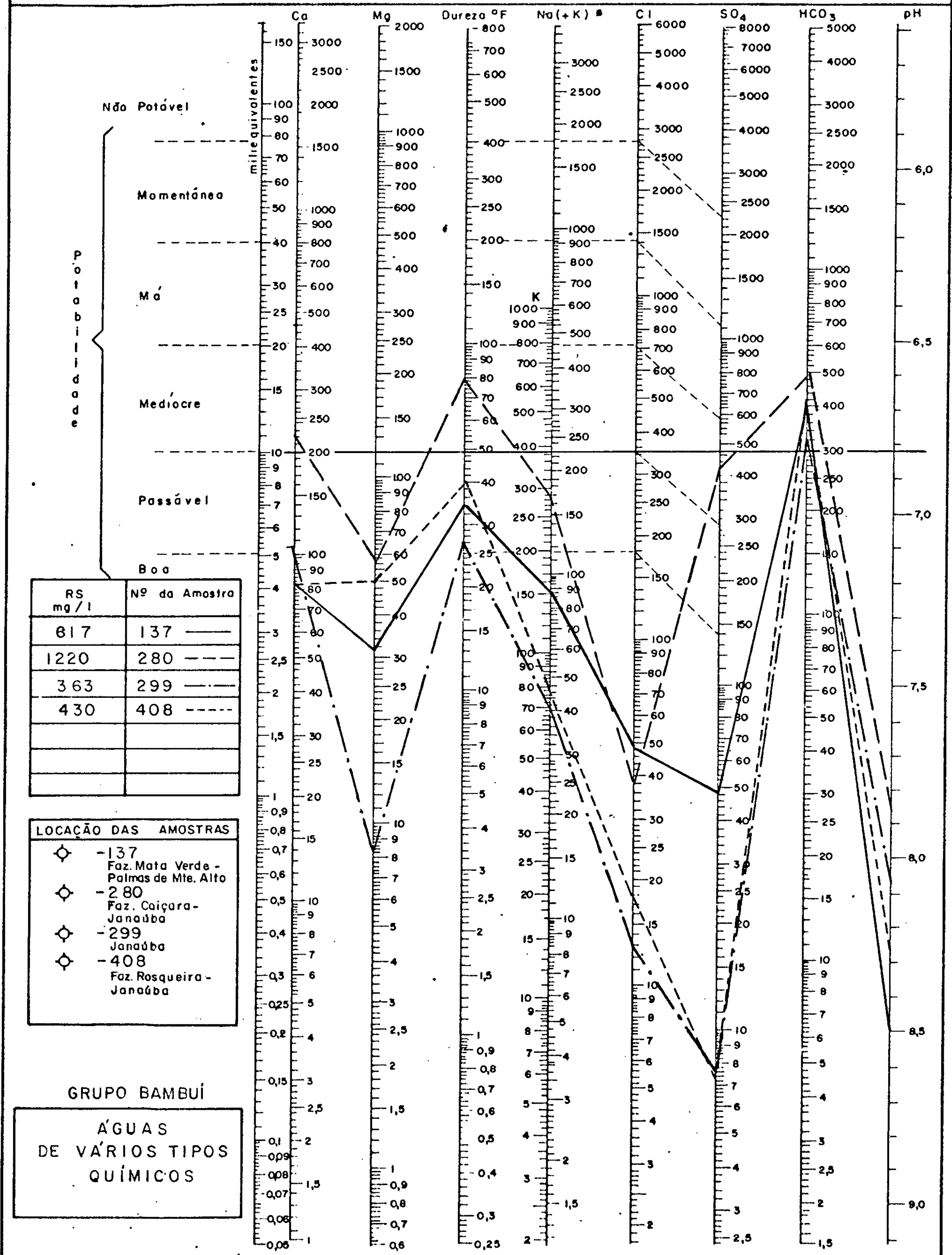


Na (+K) transformar K em equivalente Na e somar

Fig. 7.9

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA

TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO



* Na (+K) transformar K em equivalente Na e somar

Fig. 7.10

7.2.3 Formações Recentes

O estudo da qualidade das águas das aluviões e coberturas sedimentares recentes, foi feito a partir de análises d'águas originárias de poços manuais, que captam o freático de diferentes litologias.

Evidentemente o número reduzido dessas análises e o desconhecimento, na maioria das vezes, do perfil geológico, não permitiram um estudo preciso do comportamento hidroquímico dessas Formações. Visamos aqui apenas dar uma idéia geral da qualidade dessas águas de grande importância no abastecimento rural de algumas áreas da região.

O resíduo seco varia desde um mínimo de 17 mg/l, no povoado de Miravânia (nº 547), a um máximo de 3.332 mg/l, a SE de Espinosa (poço manual nº 208). Do total, 82% são valores abaixo de 1.000 mg/l e 29% menores de 100 mg/l.

Quanto a dureza total, 44% dos valores são inferiores a 7 °F e 44% estão compreendidos entre 30 e 40 °F.

O pH das amostras apresenta resultados bastante diversificados, com águas predominantemente básicas.

Segundo o diagrama trilinear de Piper (Fig. 7.1) ocorrem os seguintes tipos químicos de águas: bicarbonatadas (45%), cloretadas (33%), sulfo-bicarbonatadas (11%) e cloro-sulfetadas (11%).

Esta estatística não é muito significativa, devido ao pequeno número de amostras analisadas. Quanto aos cátions não se pode visualizar predominância de um sobre o outro, ocorrendo as mais variadas fácies dentro dos tipos acima citados.

Em relação aos grandes grupos de rochas, o que se pode afirmar é que as águas bicarbonatadas ocorrem preferencialmente em coberturas recentes do Grupo Bambuí, e as cloretadas nas coberturas sedimentares e aluviões das rochas cristalinas.

Quanto à qualidade as águas são, predominantemente, de potabilidade boa a passável, com pequena percentagem de águas de potabilidade medíocre e má (Figs. 7.11 a 7.15).

7.3 Qualidade das Águas para Consumo Humano e Animal

A qualidade das águas subterrâneas é quase tão importante quanto a sua quantidade. Os teores químicos admissíveis dependem do destino da água. Para o consumo humano a água deve ser potável, mas não deve ser quimicamente pura, pois a presença de certos minerais é benéfica à saúde.

Por outro lado, os critérios de potabilidade variam de um país para outro, pois eles estão muito na dependência das características químicas das águas disponíveis, e os limites estabelecidos representam um ajuste entre a qualidade desejada e a qualidade da água que se tem.

No quadro 7.3 apresentamos os limites recomendados e os limites máximos tolerados de concentração química sugeridos pela ABNT. Ele define indicadores determinantes (arsênico, chumbo) e não determinantes (pH, cloretos, sulfatos, etc).

Schoeller (1962) estabeleceu padrões (Quadro 7.4) que levam em consideração a aceitabilidade da água pelo organismo (pressão osmótica).

Uma boa definição da qualidade das águas para consumo humano deve estar baseada na trilogia das análises:

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO

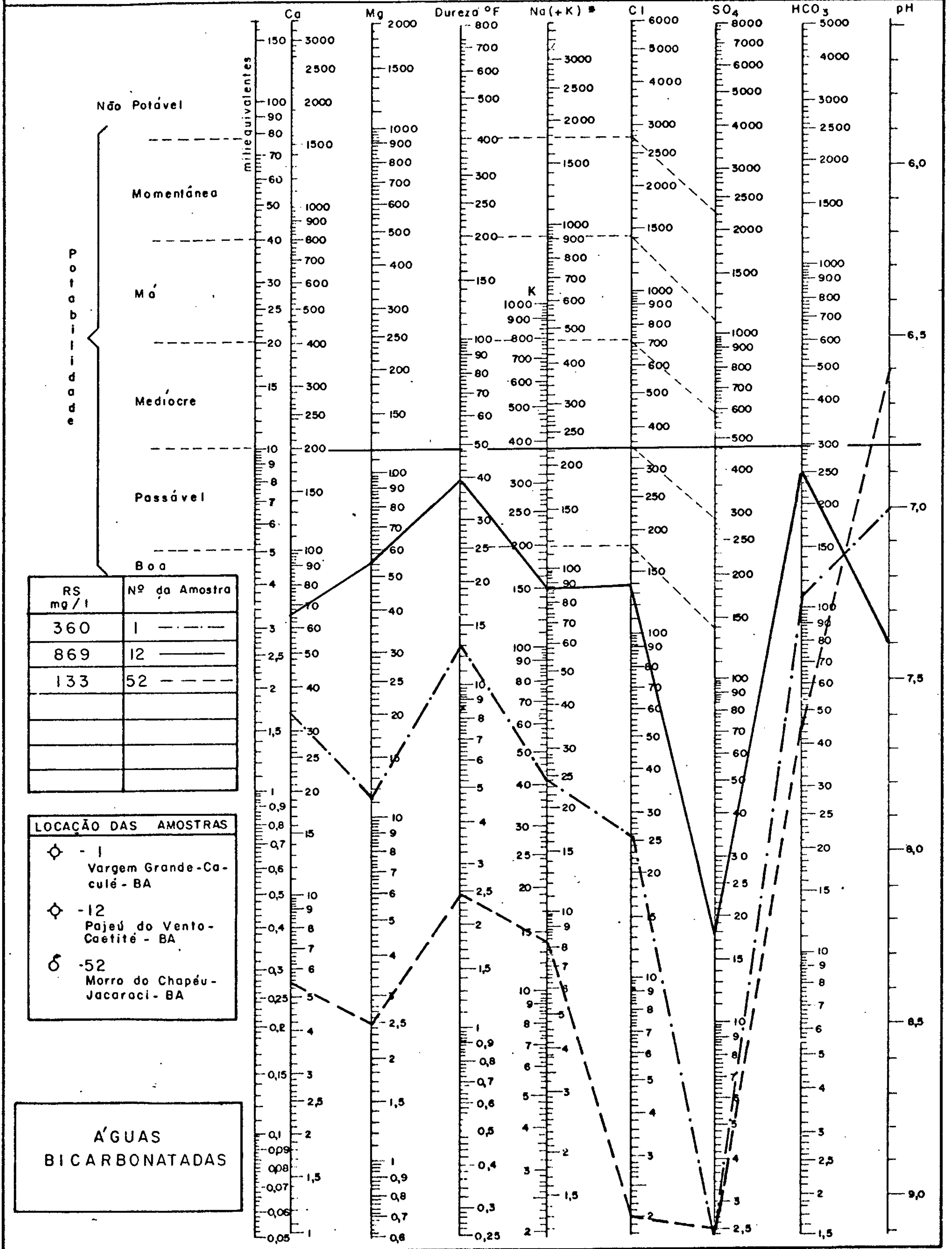
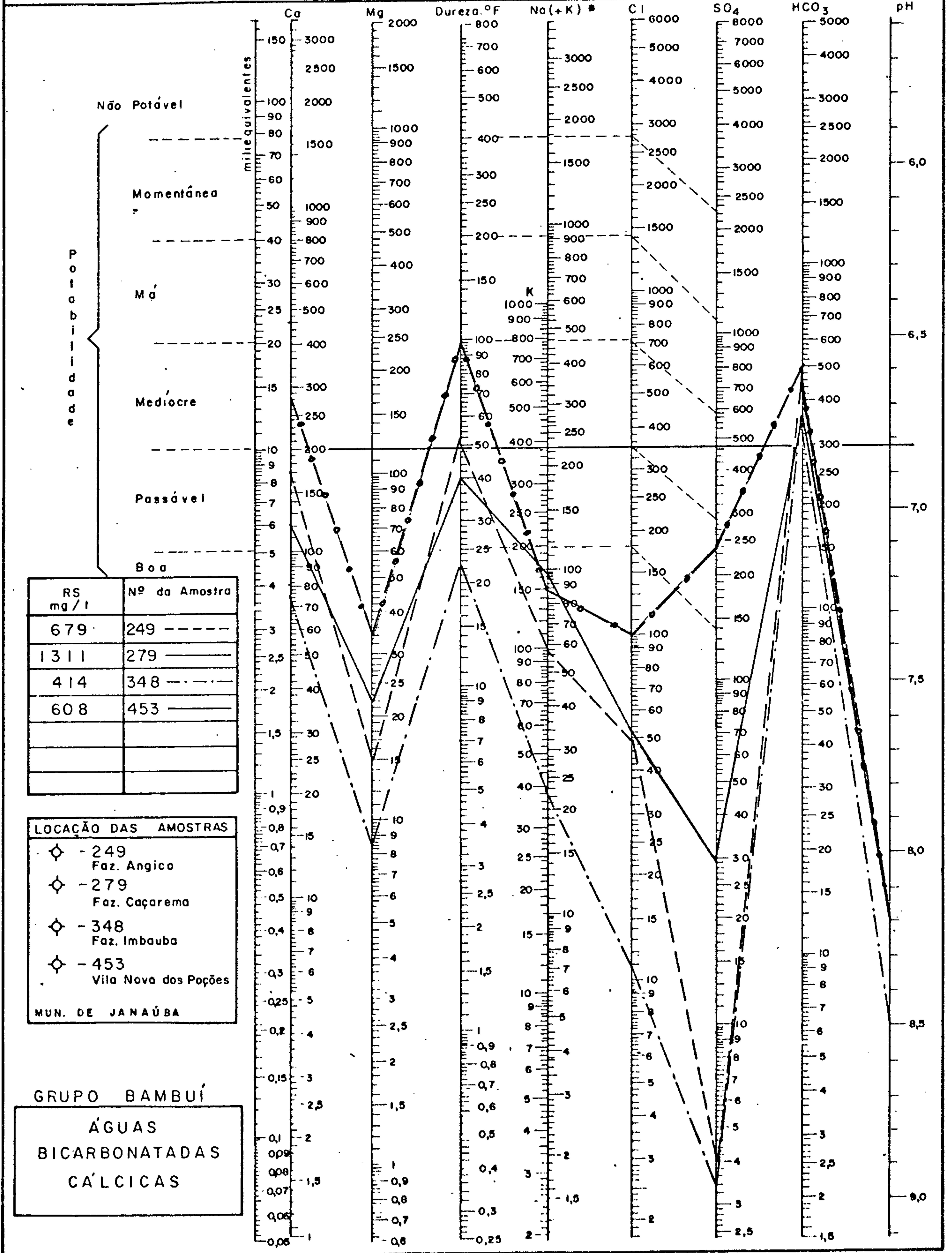


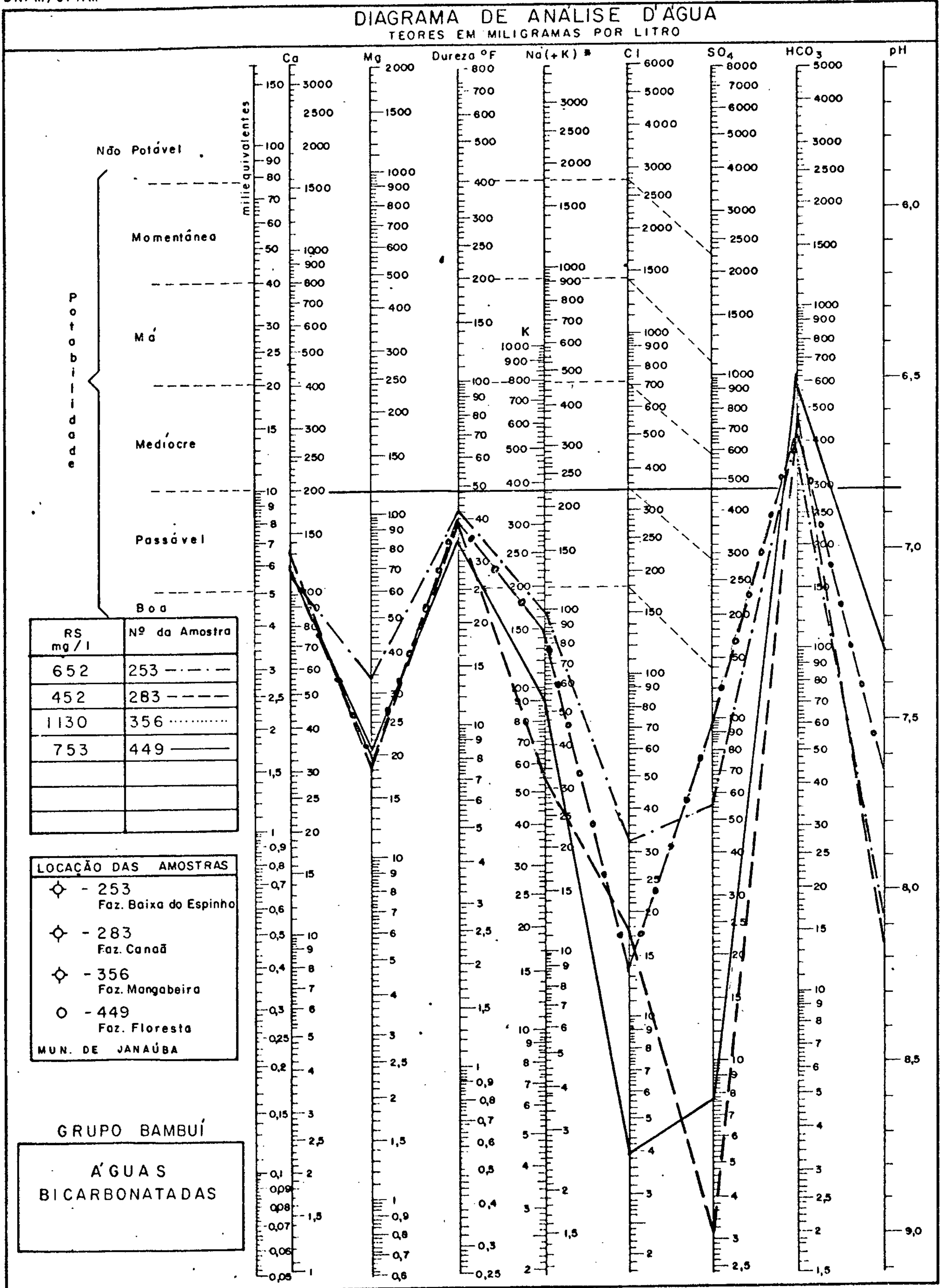
FIG. 7.11.

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO



* Na (+K) transformar K em equivalente Na e somar

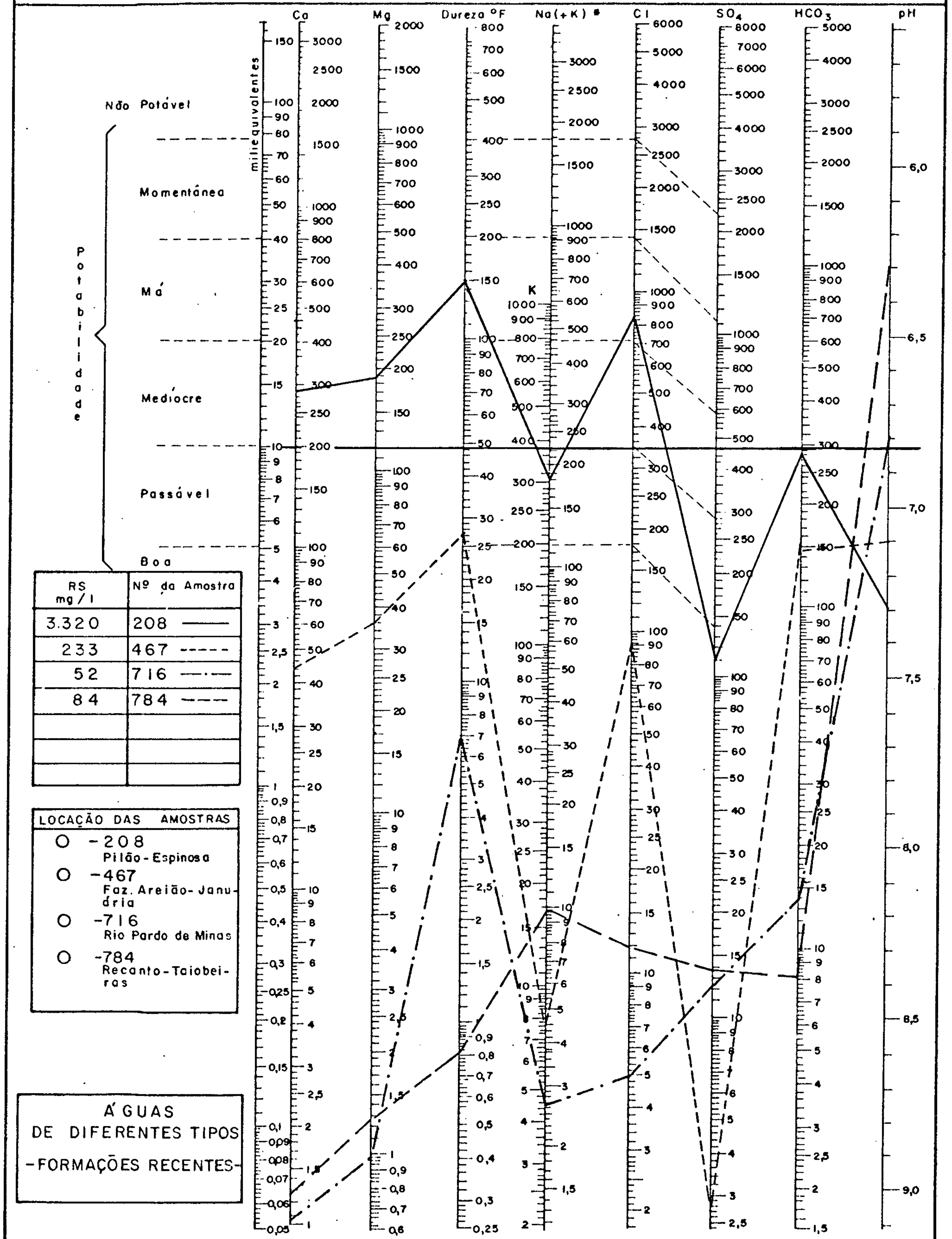
FIG. 7.12.



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

FIG. 7.13.

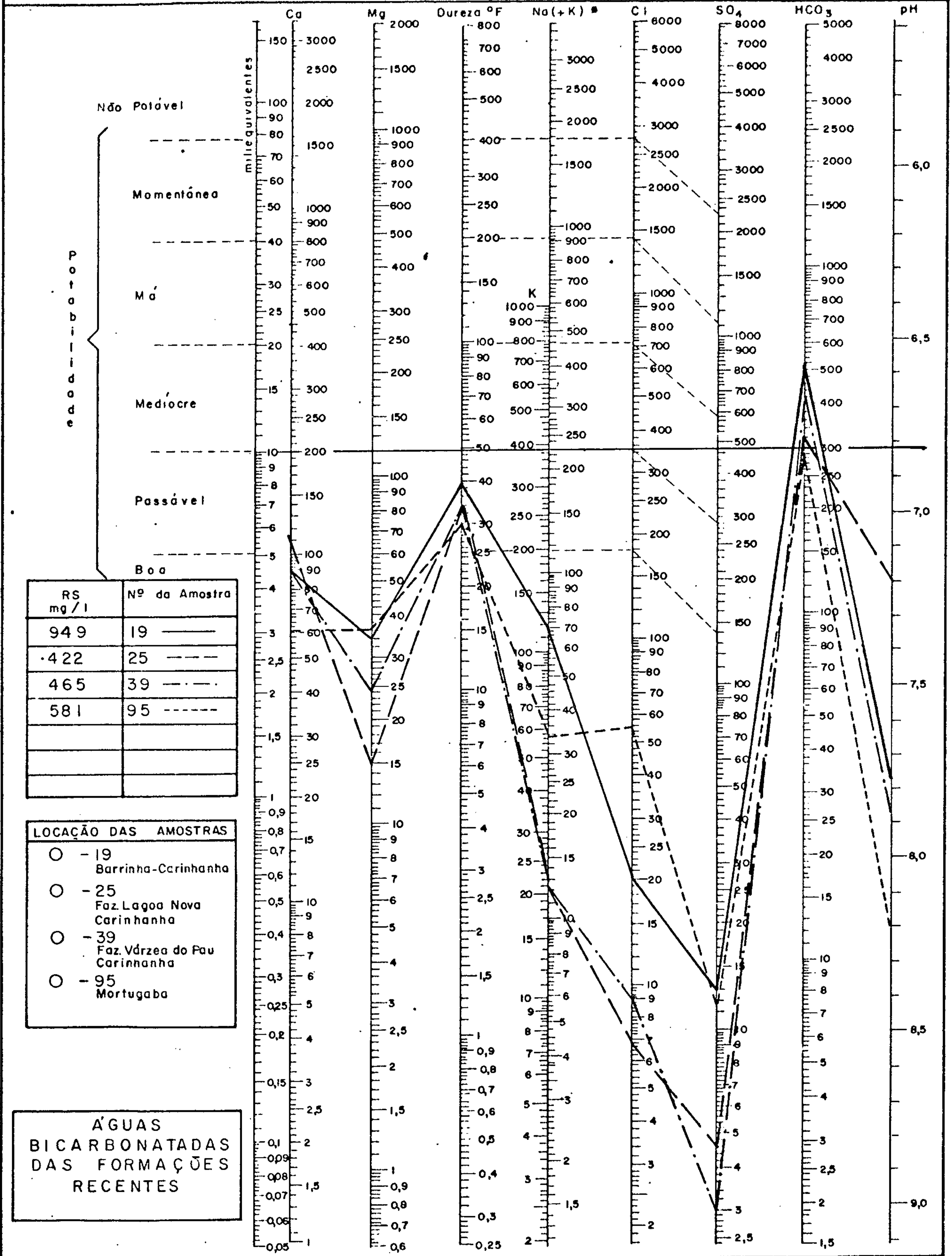
DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA
TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO



* Na (+K) transformar K em equivalente Na e somar

Fig. 7.14

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO



* Na (+K) transformar K em equivalente Na e somar

Fig. 7.15

CONDIÇÕES DE POTABILIDADE DE ÁGUA, TRATADA OU NÃO,
PARA CONSUMO PÚBLICO (ADNT)

QUADRO:7.3.

DETERMINAÇÃO	L I M I T E S		UNIDADES
	Recomendados	Máximos Tolerados	
Cor	10	30	mg/l Pt
Odor			
Sabor			
Turbidez	1	5	mg/l SiO ₂
Dureza total	100	200	mg/l Ca CO ₃
pH e alcalinidade (*)	pHs	pH=6 e isenção de alcali- nidade caústica	
Sólidos dissolvidos	50	1.000	
Arsênico	0,05	0,10	mg/l Hg
Chumbo	-	0,10	mg/l Pb ⁺²
Cloretos	-	250	mg/l Cl ⁻¹
Cloro livre	0,20	0,50	mg/l Cl Cl ₂
Cobre	-	3	mg/l Cu ⁺²
Cromo hexavalente	-	0,05	mg/l Cr
Ferro total	-	0,30	mg/l Fe ⁺²
Fenólico	-	0,001	mg/l Fenol
Fluoretos	1	1,50	mg/l F ⁻¹
Manganiês	-	0,10	mg/l Mn ⁺²
Selênio	-	0,05	mg/l Se
Sulfatos	-	250	mg/l SO ₄ ⁻²
Zinco	-	15	mg/l Zn ⁺²

(*) O pH = 6 refere-se ao limite mínimo tolerado e o limite máximo é condicionado pela isenção de alcali-
nidade caústica.

QUADRO 7.4.

LIMITES DE POTABILIDADE DAS ÁGUAS SEGUNDO O PONTO DE VISTA QUÍMICO

	POTABILIDADE PERMANENTE				POTABILIDADE MOMENTÂNEA
	B O A	PASSÁVEL	MEDÍOCRE	M Á	
SABOR A 20°C (PESADA, AMARGA, SALGADA, ETC)	AGRADÁVEL	FRACAMENTE PERCEPTÍVEL	POUCO PRONUNCIADO	POUCO DESAGRADÁVEL NO MÁXIMO	DESAGRADÁVEL
RESÍDUO SÊCO	0 - 500	500 - 1000	1000 - 2000	2000 - 4000	4000 - 8000
Na	0 - 115	115 - 230	230 - 460	460 - 920	920 - 1840
Mg/12 + Ca/20	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 80
EM GRÁU HIDROMÉTRICO	0 - 25	25 - 50	50 - 100	100 - 200	200 - 400
Cl	0 - 177,5	177,5 - 355	355 - 710	710 - 1420	1420 - 2840
SO ₄	0 - 144	144 - 288	288 - 576	576 - 1152	1152 - 2304

Seg. H. Schoeller, 1955.

- VALORES EM MILIGRAMAS POR LITRO (Mg/l)

químicas, físicas e bacteriológicas. Todavia dispomos somente das características químicas e nos limitaremos a dar apenas uma apreciação da natureza regional de qualidade das águas para o consumo humano.

Do ponto de vista químico as águas da região podem ser consideradas, quanto à potabilidade - salvo raras exceções - dentro dos limites aceitáveis para o consumo humano, predominando as águas de potabilidade boa a passável.

Quanto ao resíduo seco, 89% das análises apresentam valores inferiores a 1.000 mg/l, sendo que 67% são menores de 500 mg/l. Apenas 3% tem valores superiores a 2.000 mg/l. Em relação aos cloretos, sulfatos e sódios todas as amostras são classificadas como de boa qualidade.

Algumas restrições ocorrem em relação à dureza total, principalmente nas águas bicarbonatadas, e ao pH, com muitos valores acima de 8.

Quanto ao consumo animal, os limites de tolerância são bem mais flexíveis e dependem de vários fatores, entre eles o regime de alimentação, o clima e o acondicionamento.

De um modo geral, os caprinos e ovinos são mais tolerantes que os vacuns e, dentre estes, as raças indianas são mais resistentes ao excesso de sais.

Quanto aos íons, acredita-se que altos teores de Na, Mg e SO_4 são indesejáveis, e aconselha-se que, na necessidade de utilização para o gado de águas muito salinizadas, o sal dissolvido deve ser principalmente o NaCl.

Existem várias classificações de água para uso animal, mas nenhuma especialmente para as condições brasileiras. A mais utilizada em todo o mundo deve-se a Hem (1959) e leva

em consideração apenas os limites superiores de resíduo seco (Quadro 7.5)

QUADRO 7.5 - QUALIDADE DA ÁGUA PARA USO ANIMAL

DISCRIMINAÇÃO	RESÍDUO SECO (mg/l)
Aves	2.860
Porcos	4.290
Cavalos	6.435
Gado leiteiro	7.150
Gado de corte	10.000
Carneiros	12.900

Pela classificação de Hem e todas as outras conhecidas, as águas subterrâneas da área podem, pelas análises que dispomos, ser utilizadas para o consumo dos rebanhos, sem qualquer restrição.

7.4 Qualidade das Águas para Irrigação

Por vários motivos os limites de salinidade das águas para irrigação não podem ser rigorosamente estabelecidos. Por um lado existe uma grande variação de tolerância de salinidade entre as diferentes plantas, e por outro, a adequação da água ainda depende da natureza do solo, do clima, das condições de drenagem e dos métodos de irrigação. De um modo geral, admite-se que para se ter um bom equilíbrio salino é necessário que o total de sólidos dissolvidos, trazidos anualmente pelas águas de irrigação, seja menor que

a quantidade de sólidos transportados no mesmo período pelas águas de drenagem.

Tendo em vista que o presente estudo se dedica exclusivamente às águas subterrâneas, trataremos apenas das características químicas das águas no aspecto mais restrito, ignorando-se os demais condicionantes (clima; solo, drenagem, velocidade de infiltração, etc).

Existem várias classificações químicas de água para irrigação. Aqui adotaremos a do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, que parece a mais aperfeiçoada de todas até o momento proposta. Ela está baseada na condutividade elétrica a 25 °C e na razão de adsorção do sódio pelo solo. Este último parâmetro é dado pela seguinte relação:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{Ca/2 + Mg/2}}$$

Nas determinações feitas para a região, o SAR (em miliequivalentes) possui valores sempre inferior a 10, apresentando portanto qualidade excelente para irrigação.

Na fig. 7.16 foram plotados os valores do SAR em relação à condutividade elétrica das águas analisadas, encontrando-se os seguintes tipos, segundo a classificação acima citada.

$C_0 - S_1$: água de salinidade fraquíssima, fracamente sódica. Podem ser utilizadas sem restrição para irrigação. Baixo teor em sódio susceptível de troca.

$C_1 - S_1$: águas de salinidade fraca, fracamente sódicas. Podem ser utilizadas para irrigar a maioria das culturas na maioria dos solos, com pequeno risco de salinização

dos mesmos, salvo se a permeabilidade do solo for extremamente fraca. É diminuto o risco de aparição de teores nocivos de sódio susceptível de troca.

$C_2 - S_1$: águas de salinidade média, fracamente sódicas. Podem ser utilizadas se houver uma lixiviação moderada do solo. As plantas de fraca tolerância salina podem ser cultivadas, na maioria das vezes sem perigo. Apresentam baixo teor em sódio possíveis de troca.

$C_3 - S_1$: águas de salinidade elevada, fracamente sódicas. Só podem ser utilizadas em solo bem drenado e exigem especiais precauções contra a salinidade. Somente plantas de boa tolerância salina devem ser cultivadas. O risco de sódio é baixo.

$C_4 - S_1$: águas de salinidade muito forte, fracamente sódicas. O resíduo seco está entre 1.400 a 3.199 mg/l e a condutividade entre 2.550 e 5.000 micromhos

Só podem ser utilizadas em solos permeáveis e mesmo assim requerem cuidados especiais e abundante irrigação. Somente plantas de altíssima resistência salina podem ser cultivadas. Não oferecem perigos de teores nocivos de sódio.

$C_5 - S_1$: águas de salinidade extremamente forte, fracamente sódicas. São imprestáveis para a maioria das culturas, mesmo as que suportam grande salinidade.

$C_4 - S_2$: águas de salinidade muito forte, medianamente sódicas. Só podem ser utilizadas para irrigar culturas de grande resistência salina em solos permeáveis. Exigem cuidados especiais e irrigação abundante. Apresentam perigo de sódio para os solos de textura fina e forte capacidade de troca de cátions.

Na figura 7.16 estão representadas 80 amostras de águas originárias de diferentes pontos da área. Nela consta-se que quase 99% das águas (Quadro 7.6) são fracamente sódicas, oferecendo apenas pequenos riscos de aparição de teores nocivos e sob estes aspectos poderiam ser utilizadas em quase todos os solos.

QUADRO 7.6

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO			
TIPO	Nº DE AMOSTRAS	PERCENTAGEM	PERCENTAGEM ACUMULADA
C ₀ - S ₁	11	13,75	13,75
C ₁ - S ₁	4	5,00	18,75
C ₂ - S ₁	32	40,00	58,75
C ₃ - S ₁	30	37,50	96,25
C ₄ - S ₁	1	1,25	97,50
C ₅ - S ₁	1	1,25	98,75
C ₄ - S ₂	1	1,25	100,00

Quanto à salinidade, entretanto, a grande maioria (86,25%) apresentam certas restrições, embora em 58,75% dos casos estas restrições sejam mínimas, e as águas possam ser utilizadas inclusive para plantas de fraca tolerância salina.

Concluindo podemos afirmar que, tomando-se as devidas precauções, todas as águas poderão ser utilizadas na irrigação.

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

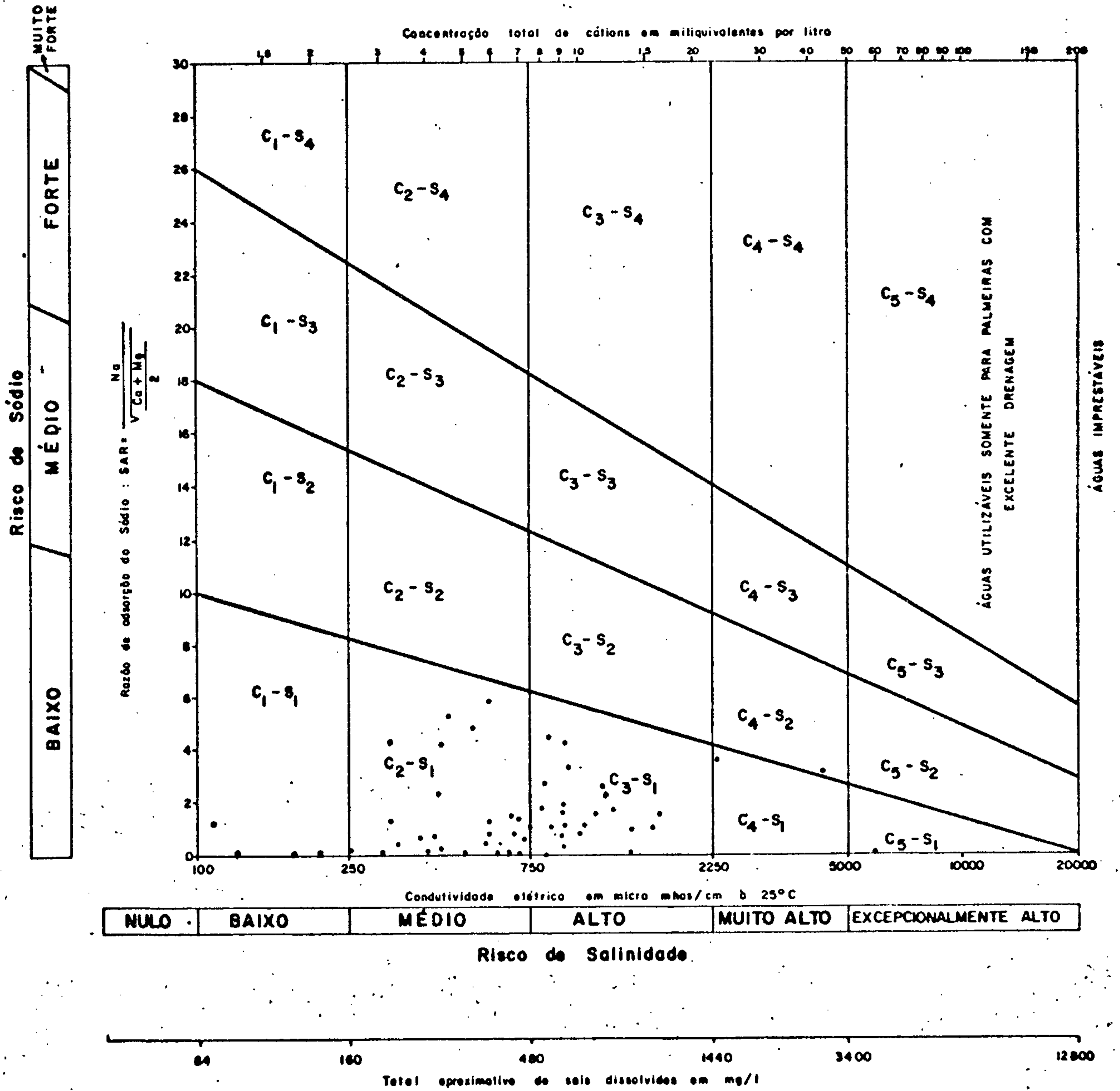


FIG. 7.16.

8. CONCLUSÕES

O presente trabalho consistiu em efetuar uma análise das possibilidades hidrogeológicas da folha Brasília-SE, escala 1:500.000, cujos resultados foram positivos no que se refere ao conhecimento hidrogeológico da área.

Estes resultados podem ser traduzidos através dos seguintes itens:

a - Ficou evidenciado que nas regiões que abrangem rochas intrusivas, complexo gnaisse-granítico, sistema Pré-Espinhaço, Super Grupo Espinhaço, Grupo Macaúbas (do Super Grupo São Francisco), Cretáceo da Formação Urucuaia e coberturas do Terciário-Quaternário, as possibilidades hidrogeológicas são fracas e muito fracas.

Quanto às características hidrodinâmicas dos quartzitos da serra do Espinhaço, Grupo Espinhaço, na região de Caetité, apresentam em quatro testes de vazão, a transmissibilidade média de $9,69 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. (anexos V. 2 a V. 5).

À profundidades superiores a 80m do sistema Pré-Espinhaço, as fendas apresentam-se regeladas.

A vazão específica média é de 1074 l/h/m, no total de 48 poços cadastrados na área de ocorrência em granitos, gnaisse e xistos, com valor médio do resíduo seco de 743,9 mg/l.

b- Na área sedimentar, as zonas produtoras de água se encontram na Formação Paraopeba (bacia do rio São Francisco) e aluviões do rio São Francisco;

c - A Formação Paraopeba, constituída quase que totalmente de calcários, apresenta na folha em estudo a captação de água em mais de 700 poços tubulares, cujo potencial explorável varia de médio a fraço.

No total de 655 poços tubulares o nível estático médio é de 23,75m e a vazão específica média em 364 poços tubulares é de 2421 l/h/m.

As águas são principalmente do Grupo bicarbonatadas cálcidas (67%), seguem as bicarbonatadas sódicas (18%), calco-sódicas (10%), magnesianas (2,5%) e calco - magnesianas (2,5%). As águas são duras (51%), sendo potável e utilizável para o consumo humano e principalmente, com grande êxito na pecuária.

O resíduo seco varia de 17 a 1310 mg/l, com média de 472 mg/l.

d - No Grupo Macaúbas só existem dez poços tubulares na área em estudo com valor médio de vazão específica igual a 2756 l/h/m e resíduo seco médio de 740,0 mg/l. As águas são do Grupo bicarbonatadas.

e - As aluviões quaternárias apresentam potencial alto a muito alto, nas margens do rio São Francisco, com espessura média de 30m de areia.

O teste de vazão realizado pela COPASA no leito do rio São Francisco em Januária, apresentou o valor da transmissibilidade de $1,15 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ (poço 492 anexo V. 12).

O resíduo seco baseado em análises químicas realizados em poços manuais apresentaram uma variação de 17 mg/l a 3320 mg/l.

Os tipos químicos de águas: bicarbonatadas(45%), cloretadas (33%), sulfo-bicarbonatadas (11%) e cloro -sulfe_tadas (11%).

Quanto ao resíduo seco, 89% das análises apresentam valores inferiores a 1000 mg/l, 67% são menores que 500 mg/l e apenas 3% têm valores superiores a 2000 mg/l.

Concluindo afirmamos que todas as águas poderão ser utilizadas para a irrigação, com as devidas precauções.

Foram cadastrados 841 pontos d'água, apresentados no Catálogo de Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste(anexo III).

Já existem no âmbito da folha dois sistemas de irrigação em implantação:

- pelo DNOCS, no vale do rio Gortuba, margem direita do referido rio, numa superfície de 740 ha.
- pela RURALMINAS, na região da Jaíba a partir da estação de Mocambinho, margem direita do rio São Francisco.

9. BIBLIOGRAFIA

- ÁGUAS subterrâneas e poços tubulares. Curitiba, UFPr, 1969. 392 p.
- BABBIT, M.E. et alii - Abastecimento de água. São Paulo, Edgard Bluecher, s.d. 592 p.
- BECKER, Bertha K. - Aplicação de índices climáticos ao Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, 29(4): 3 - 22, out/dez. 1968.
- BOGOMOLOV, G. - Hidrogeologie et notions de géologie d'ingénieur. Moscou, Editions de La Paix, s.d. 260 p.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - Inventário das estações fluviométricas. Brasília, 1976. 192 p.
- BRASIL. Ministério do Interior. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - Estudo de viabilidade de irrigação do vale do rio Gortuba. Montes Claros, s.d. 3v.
- BRASIL. Ministério do Interior. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - Estudo de pré-viabilidade vale do Fidalgo, Teresina - PI ; relatório final. Teresina, 1973. (Relatório inédito OESA/Tecnosolo/OTI/EPTISA).
- BRASIL. Ministério do Interior. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - Estudos de reconhecimento e estudos hidrogeológicos para aproveitamento integrado; região central da Bahia. Recife, s.ed, 1974. (Relatório inédito SUDENE/CONESP).
- BRASIL. Ministério do Interior. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - Observações pluviométricas no Nordeste do Brasil. Fortaleza, 1969. 2v.

BRASIL. Ministério do Interior. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - Normais climatológicas da área da SUDENE elaboradas mediante convênio com o Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura. Recife, 1963. 82 p.

BRASIL. Secretaria de Planejamento da Presidência da República. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- Anuário estatístico do Brasil. Rio de Janeiro, 1975. v. 36.

BRITO NEVES, B.B - Inventário hidrogeológico básico do Nordeste; folha 24- Aracaju SO. Recife, SUDENE, 1972. 284 p. (BRASIL, SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 19).

BUCKAMNN, O. Harry - Natureza e propriedade dos solos. Tradução Antonio B. N. Figueiredo Filho. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1964. 554 p.

COBRA, Q - Geologia da área da SUDENE ao sul do paralelo 16°, Minas Gerais. Recife, s. ed, 1970. 25 p. (Relatório inédito da SUDENE).

CRUZ, W. Barbosa da & FRANÇA, Hélio P. M. - Inventário hidrogeológico básico do Nordeste; folha 14- Jaguaribe-SO. Recife, SUDENE, 1971. 222 p. (BRASIL, SUDENE, Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 31).

CRUZ, W. Barbosa da & MELO, Francisco A. F. de - Estudo geoquímico preliminar das águas subterrâneas do Nordeste. Recife, SUDENE, 1974. 125 p. (BRASIL, SUDENE, Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 19).

- CUSTÓDIO, E. & LLAMAS Manuel R. - Hidrología subterrânea.
Barcelona, Omega, 1976. 2v.
- DAKER, Alberto - A água na agricultura; irrigação e drenagem. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1970. v. 3.
- DIAGNÓSTICO hidrogeológico de Montes Claros- Minas Gerais; relatório final. Belo Horizonte, s.ed, 1974 (Relatório inédito COPASA/OESA) 2v.
- ELEMENTOS de hidrogeologia prática. Recife, SUDENE, 1967. 372 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de hidrogeologia, série hidrogeologia, 13).
- ESTUDO de avaliação qualitativa e quantitativa dos recursos hidrológicos da área da Jaíba - M.G. Belo Horizonte, s. ed, 1975. (Relatório inédito FJP/RURALMINAS) .130 p.
- FIGUEIREDO, Antonio - Abastecimento de águas das cidades
Recife, UFPe, 1968. 146 p.
- GALVÃO, M. Veloso - Regiões bioclimáticas do Brasil. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, 29 (1): 3 - 36, jan/mar. 1967.
- GARCEZ, L. Nogueira - Hidrologia. S. Paulo, Edgard Bluecher, 1967. 248 p.
- GUIMARÃES, Maria Rita da S. & DUARTE, Aluizio C, ed- Geografia do Brasil ; grande Região Leste. Rio de Janeiro, IBGE, 1965. v. 5 série A.
- HEM, J. D - Study and interpretation of the chemical characteristic of natural water. Geological Survey Water Supply Paper, 1473: 3 - 21, 1959.

KEREKES, José - Reconhecimento e estudos preliminares na bacia do Urucuia. Rio de Janeiro, s. ed, 1957 (Relatório inédito CODEVASF) 40 p.

LEAL, Antonio de Souza - Considerações sobre a circulação de água em rochas cristalinas e salinização em região árida; área piloto de Juazeiro e Curaçá-Bahia. Recife, SUDENE, 1969, 242 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 24).

_____ - Inventário hidrogeológico básico do Nordeste, folha 19 - Aracaju-NO. Recife, SUDENE, 1971. 242 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de hidrogeologia, série hidrogeologia, 33).

_____ - Inventário hidrogeológico básico do Nordeste; folha 9 - Jaguaribe-NO. Recife, SUDENE, 1971. 178 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 29)

_____ - Legenda para mapas hidrogeológicos. Recife, SUDENE, 1974. 72 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 48).

LOGAN, J. - The interpretation of chemical analyses of water. Recife, s. ed, 1965. (Relatório inédito USAID). 96 p.

MANOEL Filho, João - Inventário hidrogeológico básico do Nordeste; folha 10 - Jaguaribe-NE. Recife, SUDENE, 1971. 343 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 30).

_____ - Reconhecimento hidrogeológico da planície aluvial do Apodi-RN. Recife, SUDENE, 1973. 83 p. (BRASIL, SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 42).

MENEZES, Filho, Nelson R. et alii - Projeto Três Marias ;
relatório de progresso. Belo Horizonte, s. ed, 1976. (Re
latório inédito DNPM/CPRM).

NASCIMENTO, Paulo A. B. de - Inventário hidrogeológico bá
sico do Nordeste; folha 29 - Bahia-NE. Recife, SUDENE,
1971. 194 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de hidrogeologia ,
série hidrogeologia, 35).

NEVES, Beijamin Bley de Brito - Inventário hidrogeológico
básico do Nordeste; folha 24 - Aracaju-SO. Recife, SUDE
NE, 1972. 284 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeolo
gia, série hidrogeologia, 26).

- Projeto Leste do Tocantins/Oeste do Rio São Fran
cisco; relatório final-fase V. s. 1, s. ed, 1976. (Re
latório inédito do DNPM, 2547) v. 1a.

- Projeto Leste do Tocantins/Oeste do Rio São Fran
cisco; relatório final-fase V.s. 1, s. ed, 1976. (Relató
rio inédito do DNPM, 2547) v. 1b.

ROUBAUX, A - "Propriétés physiques et chimiques des eaux
souterraines dans les pays arides". In: COLLOQUE D'ANKA
RA SUR L'HIDROLOGIE DE LA ZONE ARIDE, Ankara, 1952.
Actes du ... Paris, UNESCO, 1953. p. 17 - 23.

SCHOELLER, H - Les eaux souterraines. Paris, Masson, 1962
611 p.

YASSUDA, E.R. et alii - Poços profundos; manual técnico;
subsídio para a aplicação de normas. São Paulo, Ed
gard Bluecher, 1965. 180 p.