

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

PROJETO HIDROGEOLOGIA DO CENTRO DE
MINAS GERAIS E NORTE DO ESPÍRITO SANTO


RELATÓRIO FINAL
VOLUME IV: FOLHA RIO DOCE-SO
PARTE I: TEXTO

Floriano Garcia Costa

196

PHL
013155
2007



 CPRM	SUREMI SUDITE
ARQUIVO TÉCNICO	
Relatório n.º	940
N.º de Volumes:	8 v.: 4pt. 1-5

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

1980

PROJETO HIDROGEOLOGIA DO CENTRO DE MINAS GERAIS E NORTE DO ESPÍRITO SANTO

RELATÓRIO FINAL

Chefe do Projeto	Antonio de Souza Leal
Equipe Executora	Floriano Garcia Costa Franklin de Moraes José do Espírito Santo Lima Sérgio Murillo Achão
Auxiliares	Almir Gomes Freire Cícero de Souza Barbosa Dâmaso Parreiras Dornelas Hélio Carvalho de Miranda Júlio de Freitas F. Vasques
Colaboração Especial	José M. da Motta Marques

PROJETO HIDROGEOLOGIA DO CENTRO DE MINAS GERAIS E NORTE DO ESPÍRITO SANTO

RELATÓRIO FINAL

ÍNDICE DOS VOLUMES

VOL. I : FOLHA BELO HORIZONTE-NO

Parte I: TEXTO

Parte II: ANEXOS

VOL. II : FOLHA BELO HORIZONTE-SO

Parte I: TEXTO

Parte II: ANEXOS

VOL. III : FOLHA BELO HORIZONTE-SE

Parte I: TEXTO

Parte II: ANEXOS

VOL. IV : FOLHA RIO DOCE-SO

Parte I: TEXTO

Parte II: ANEXOS

APRESENTAÇÃO

Expõe o presente os resultados obtidos pelo Projeto Hidrogeologia do Centro de Minas Gerais e Norte do Espírito Santo, executado pela Superintendência Regional de Belo Horizonte, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, para o Departamento Nacional da Produção Mineral. Objetivou, fundamentalmente, o estudo hidrogeológico a nível de pré-via bilidade de uma área de aproximadamente 262.500 km², compreendendo uma porção do noroeste e toda faixa central leste-oeste de Minas Gerais, a metade norte do Espírito Santo e porções do sudoeste de Goiás e do extremo sul da Bahia.

O relatório é apresentado em quatro volumes, por folha de 2^o x 3^o segundo a divisão do IBGE para as Cartas do Brasil na escala 1:500.000. Cada volume compreende duas partes, uma dedicada ao texto e outra aos anexos.

No capítulo 4 de cada volume é feita uma síntese dos principais aspectos fisiográficos, climáticos e sócio-econômicos da área correspondente, e no capítulo 5 são expostas sumariamente as principais feições geológicas, com especial ênfase aos aspectos importantes à hidrogeologia.

Os capítulos 6, 7 e 8 são dedicados ao estudo das águas subterrâneas, orientado no sentido de uma avaliação dos sistemas aquíferos, determinação, quando possível, das reservas permanentes e das vazões do escoamento natural e qualificação dos diversos tipos de água para os seus vários usos.

Na 2ª parte de cada volume, estão relacionados, como anexos, os catálogos fluviométrico, pluviométrico e de pontos d'água, bem como perfis de poços, relatório de testes de bombeamento e os vários mapas na escala de 1:500.000.

SUMÁRIO

1.	RESUMO	01
2.	ABSTRACT	02
3.	INTRODUÇÃO	03
4.	ASPECTOS GERAIS	05
4.1	Localização e Vias de Acesso	05
4.2	Elementos do Clima	05
4.2.1	Pluviometria	06
4.2.2	Temperatura	09
4.2.3	Ventos e Pressões	10
4.2.4	Umidade Relativa e Insolação	12
4.2.5	Evaporação e Evapotranspiração	13
4.2.6	Zoneamento Árido	15
4.2.7	Caracterização Climática	17
4.2.8	Balanço Hídrico	19
4.3	Elementos de Hidrologia de Superfície	20
4.3.1	Escoamento Superficial	20
4.3.2	Estudo das Recessões	27
4.4	Morfologia	30
4.5	Solo e Vegetação	34
4.6	Aspectos Sócio-Econômicos	38
5.	GEOLOGIA	43
5.1	Generalidades	43
5.2	Pré-Cambriano	43
5.2.1	Associação Barbacena/Paraíba do Sul	44
5.2.1.1	Complexo Granitóide	45
5.2.1.2	Complexo Charnockítico	47

5.2.1.3	Complexo Gnáissico - Kinzigítico	48
5.2.1.4	Complexo Gnáissico - Migmatítico	49
5.3	Rochas Intrusivas	50
5.4	Rochas Sedimentares	51
5.4.1	Formação Rio Doce	53
5.4.2	Cenozóico	54
5.4.2.1	Grupo Barreiras	54
5.4.2.2	Terciário/Quaternário	58
5.4.2.3	Quaternário	59
5.5	Geologia Estrutural	60
6.	HIDROGEOLOGIA	63
6.1	Generalidades	63
6.2	Relação entre Geologia e Água Subterrânea ...	64
6.3	Águas Subterrâneas em Rochas Fissuradas.....	65
6.3.1	Condições de Alimentação	68
6.3.2	Escoamento	72
6.3.3	Descarga	74
6.3.4	Características Dimensionais e Hidrodinâmi cas - Produtividade dos Poços	75
6.4	Águas Subterrâneas em Sedimentos	77
6.4.1	Características Litológicas e Dimensionais.	78
6.4.1.1	Sedimentos aluviais flúvio-marinhos e fluviais	78
6.4.1.2	Coberturas Detríticas	79
6.4.1.3	Grupo Barreiras	79
6.4.1.4	Formação Rio Doce	80
6.4.2	Alimentação, Circulação e Exutórios	80
6.4.2.1	Sedimentos aluviais flúvio-marinhos e fluviais	80



6.4.2.2	Coberturas Detríticas	C.P.R.M	81
6.4.2.3	Grupo Barreiras		81
6.4.2.4	Formação Rio Doce		84
6.4.3	Características Hidrodinâmicas		84
6.5	Estimativa das Reservas das Águas Subterrâneas		85
6.5.1	Rochas Fissuradas		86
6.5.2	Rochas Granulares		86
6.5.2.1	Aquífero Barreiras		87
7.	HIDROQUÍMICA		92
7.1	Generalidades		92
7.2	Composição Química das Águas		93
7.3	Qualidade das Águas para Consumo Humano e Animal		97
7.4	Qualidade de Águas para Irrigação		99
7.5	Qualidade das Águas para Indústria		101
8.	CONDIÇÕES DE EXPLORAÇÃO E DEMANDA		103
8.1	Possibilidades de Exploração		103
8.1.1	Profundidade de Captação		103
8.1.2	Profundidade dos Níveis D'água		105
8.1.3	Capacidade de Produção dos Poços		105
8.1.4	Qualidade Química das Águas		106
8.2	Zonas mais Favoráveis para Exploração		107
8.3	Demanda e Uso Atual		109
9.	CONCLUSÕES		111
10.	BIBLIOGRAFIA		114

ANEXOS

- ANEXO I - Catálogo de Observações Pluviométricas
- ANEXO II - Catálogo de Observações Fluviométricas
- ANEXO III - Catálogo de Pontos D'água
- ANEXO IV - Perfís de Poços
- ANEXO V - Ensaio de Bombeamento
- ANEXO VI - MAPAS
 - Geológico
 - Hidrológico
 - De Poços
 - Piezométrico
 - De Potencial Explorável
 - De Hidroquímica



1. RESUMO

Este inventário hidrogeológico cobre a porção centro-leste de Minas Gerais e a metade Norte do Espírito Santo, num total de 51.615 km². Dois terços desta área são ocupados por rochas cristalinas e cristalofílicas da Associação Barbacena/Paraíba do Sul, de idade pré-cambriana, e intrusivas de várias idades, que em conjunto abrigam o sistema de aquíferos por fissuração. Estes apresentam, geralmente, um potencial limitado pelas condições deficientes de circulação e armazenamento. O restante da área é ocupado pelos sedimentos flúvio-marinhos e fluviais e pelo Grupo Barreiras, terciário-quadernários, que juntamente como pacote sedimentar do Grupo Espírito Santo, a eles sotoposto, constituem o sistema de aquíferos granulares. O potencial desses aquíferos varia de fraco a elevado, conforme a influência de vários fatores, entre os quais, sobressai a permeabilidade. O estudo hidrogeológico realizado, permitiu avaliar o potencial dos aquíferos existentes, classificando-os e sugerindo os meios racionais para o seu aproveitamento, bem como focar o aspecto qualitativo de suas águas. Estas, predominantemente cloretadas e bicarbonatadas sódicas, de salinidade e dureza normais, com raras restrições locais, prestam-se a quaisquer modalidades de uso.



2. ABSTRACT

This inventory provides hydrogeologic informations on an area of 51,615 km², that includes the central-east portion and the northern-half of Minas Gerais and Espírito Santo States respectively. Two thirds of this area covered by the fissured crystalline and "crystallophyllien" rocks of the Barbacena/Paraíba do Sul Association, of precambrian age, and intrusives of different ages, that all together, enclose the aquifer system. The potentiality of these aquifers is, generally, restricted by the insufficient conditions of circulation and storage. The rest of the area is covered by the Barreiras Group and Tertiary-Quaternary fluvial and marine-fluvial sediments, that together with the underneath sedimentary packet of the Espírito Santo Group form the system of granular aquifers. The potentiality of these aquifers ranges from poor to high, depending on the various factor influencing on it, among which it stands out permeability. The accomplished hydrogeologic study has, not only, permitted to classify the aquifers, evaluate its potentiality and waters quality, but suggested the rational means of its utilization. The waters, predominantly chlorated and sodi-bicarbonated, with normal salinity and hardness, may be considered, but rare local restrictions, good for any modality of use.

3. INTRODUÇÃO

O Projeto Hidrogeologia do Centro de Minas Gerais e Norte do Espírito Santo, cuja execução esteve a cargo da Superintendência Regional de Belo Horizonte, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, foi criado pelo Departamento Nacional da Produção Mineral para, dando continuidade ao Inventário Hidrogeológico do Nordeste, integrar o Inventário Hidrogeológico do Brasil.

A metodologia adotada segue, em linhas gerais, a do Projeto Hidrogeologia do Norte de Minas Gerais e Sul da Bahia, do qual é o prolongamento, conforme se vê na fig. 3.1, e que teve objetivo idêntico: a realização de um inventário sistemático das potencialidades em água subterrânea na área, dotando-a dos elementos hidrogeológicos básicos indispensáveis aos programas integrados de desenvolvimento.

Essa metodologia constou de:

- a- obtenção e análise de dados pré-existentes relativos aos aspectos sócio-econômicos, climatológicos, hidro_lógicos, geológicos e sua apresentação em relatório preliminar.
- b- levantamento de campo constante de:
 - checagem de aspectos geológicos locais;
 - tomada de profundidade de níveis estáticos e dinâmi_{co}s, com observação de sua oscilação em pontos escolhidos;
 - medidas de vazões de exploração e específicas;
 - produção média e uso das fontes;
 - tomada direta de parâmetros como pH, condutividade,

SITUAÇÃO DA FOLHA

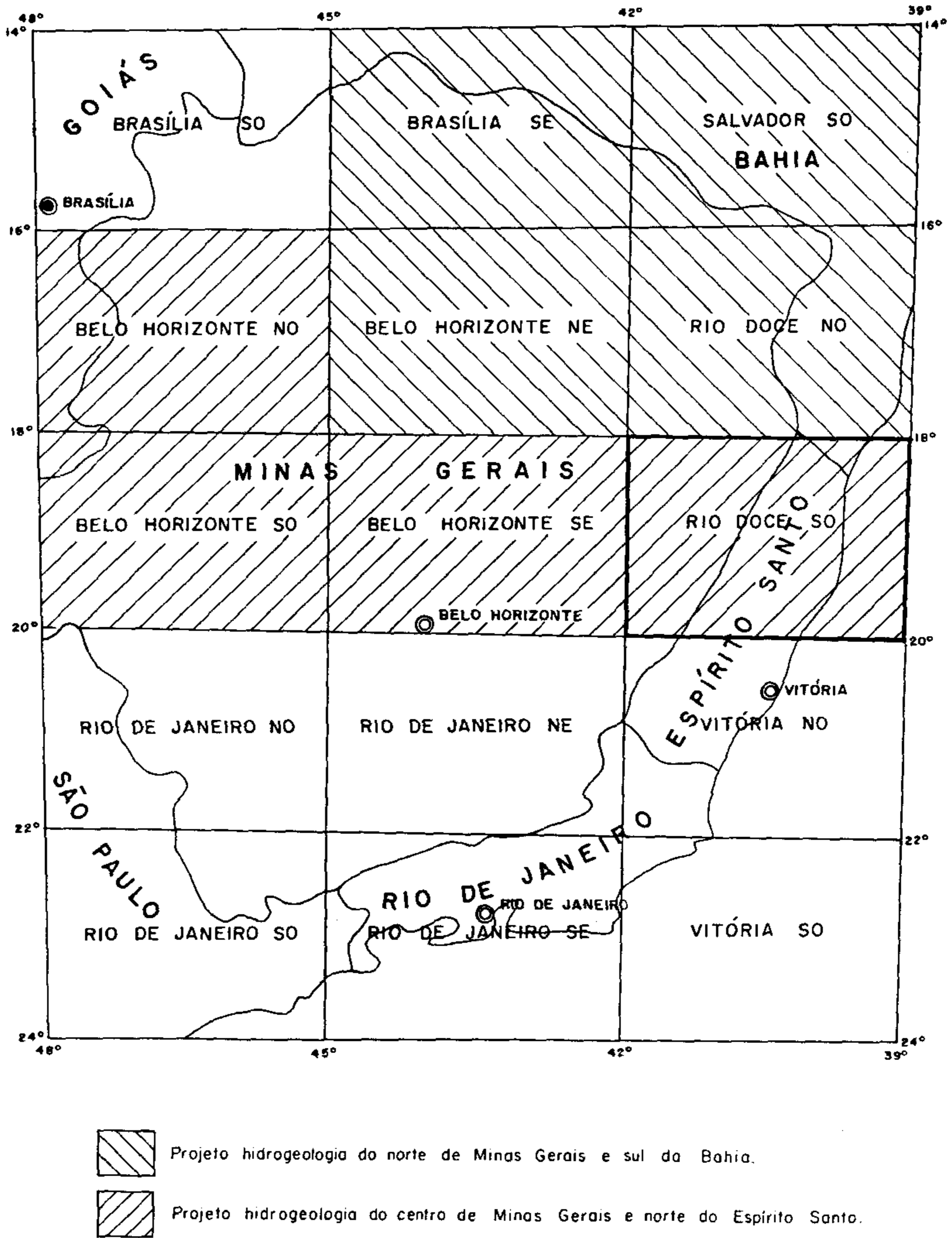


Fig 3.1

temperatura e, à partir daí, coleta de amostras d'água para análises químicas; nivelamento altimétrico dos pontos d'água através de barometria.

c- apresentação dos resultados obtidos.

A área total do projeto é de aproximadamente 280.000 km² e envolve quatro folhas, na escala de 1:500.000, a saber:

Belo Horizonte NO
Belo Horizonte SO
Belo Horizonte SE
Rio Doce SO

O presente Relatório Final expõe os resultados obtidos na Folha Rio Doce SO, em cuja área, as maiores motivações do desenvolvimento são a instalação de distritos industriais, o progresso da pecuária e a manutenção da agricultura cuja pujança vem decrescendo em virtude do empobrecimento do solo. Para todos estes fatores é imperativa a disponibilidade de cada vez maiores quantidades de água.

4. ASPECTOS GERAIS

4.1 Localização e Vias de Acesso

A folha Rio Doce SO é delimitada pelas seguintes coordenadas geográficas:

Paralelos 18°00' e 20°00' S
Meridianos 39°00' e 42°00' WGr

Abrange uma superfície continental de cerca de 51.615 km², que envolve uma porção do centro-leste de Minas Gerais, a metade norte de Espírito Santo e uma pequena parte do extremo sul da Bahia.

No canto noroeste está a cidade de Itambacuri, no sudoeste está Ipanema, no nordeste está Mucuri e no sudeste Fundão e Aracruz.

O acesso à área é bastante facilitado pelas inúmeras rodovias que a servem. As BRs 116, 101, 262 e 418 formam um retângulo de lados grosseiramente paralelos aos limites da área. Dessas rodovias partem outras, federais ou não, que demandam o interior da folha (fig. 4.1).

A ferrovia Vitória a Minas, da CVRD, corta a área em toda sua extensão leste-oeste, passando por Governador Valadares, de onde segue margeando o rio Doce até Colatina, daí seguindo para sul até Fundão, onde sai da área, rumo a Vitória.

A maioria das cidades possui campo de pouso, sendo que as principais como Governador Valadares, Mantena, Aimorés, Baixo Guandu, Colatina, Linhares e São Mateus são servidas por linhas comerciais.

4.2 Elementos do Clima

O número de estações climatológicas no âmbito da folha é bastante reduzido para permitir um estudo mais acurado. Por isto mesmo os trabalhos de boa qualidade existentes são de caráter geral e, tão somente, englobam a região. Entre estes destacam-se: Condições Climáticas de Minas Gerais, de David Márcio S. Rodrigues - 1965, Distribuição das Normais de Chuvas no Estado do Espírito Santo, de Ruth Matos Almeida Simões, 1951, Tipos de Clima do Estado do Espírito Santo, de Lysia Maria Cavalcanti Bernardes, Geografia do Espírito Santo, de Cícero de Moraes, 1974 e trabalhos gerais do IBGE. Apenas recentemente o DNAEE, através do convênio DNAEE-CPRM, tem ampliado e melhorado sua rede hidrológica na área, que é circunscrição de seu 5º Distrito. No presente trabalho será utilizado um repertório de dados provenientes apenas daquelas estações cujo período de observações seja da ordem de 10 anos consecutivos e que se nos apresentaram consistentes. Assim é que serão utilizadas as seguintes estações do Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura, DNAEE, DNOS e Aracruz Florestal.

Temperatura	- 13 estações
Pluviometria	- 26 estações
Umidade Relativa	- 3 estações
Evaporação	- 3 estações
Insolação	- 2 estações
Ventos	- 3 estações
Pressão Atmosférica	- 3 estações

4.2.1 Pluviometria

A área da folha Rio Doce SO não é de grande pluviosidade, o que a deixa situada no contexto geral de

toda a grande Região Sudeste, cuja média anual, à exceção de certas zonas anômalas como o Rio de Janeiro e seu prolongamento para a serra do Mar, Paranapiacaba e Itapanhaú em São Paulo, Guimar no sul Capixaba e Gameleira no Espinhaço do norte de Minas, é inferior a 1.500 mm. A área, em que pese o revestimento florestal, já hoje devastado, é caracterizada por um regime sub-úmido, onde a pluviosidade fica entre os 900 e 1.200 mm. Algumas exceções ocorrem (fig. 4.2), como em Ipanema, Conceição da Barra, Fundão, Santa Teresa etc, mas não chegama invalidar esta classificação geral. No vale do rio Doce as normais são inferiores a 1.000 mm anuais. Aí se nota a importância do relevo na distribuição das chuvas da região o que não ocorre em relação às florestas. Ao norte da área, onde o relevo permanece suave, com a planície litorânea estendendo-se mais para o interior, não existindo senão pontões isolados, a situação é a mesma. Para esta faixa podem-se admitir um período chuvoso e quente, de chuvas violentas, com inundações, notadamente em dezembro e janeiro, e outro de chuvas raras e fracas, com temperatura moderada. Adotando-se o critério de GAUSEN e BAGNOULS (P 2T) pode-se afirmar que há meses secos, já que a precipitação em milímetro é igual ou inferior ao dobro da temperatura em graus centígrados. Esclarecendo-se, entretanto, que não se trata de seca propriamente, mas de uma insuficiência ecológica de precipitação. É nessa região norte, de depressões no relevo, que se registram os mais baixos índices pluviométricos da área. Vide quadros 4.1 e 4.2 e figs. 4.3 a 4.5.

No litoral a quantidade precipitada é praticamente a mesma, mas a distribuição anual é mais uniforme. Aí não é o relevo o fator mais influente, mas sim a penetração das massas frias. O fato de iniciar-se, à partir de Concei

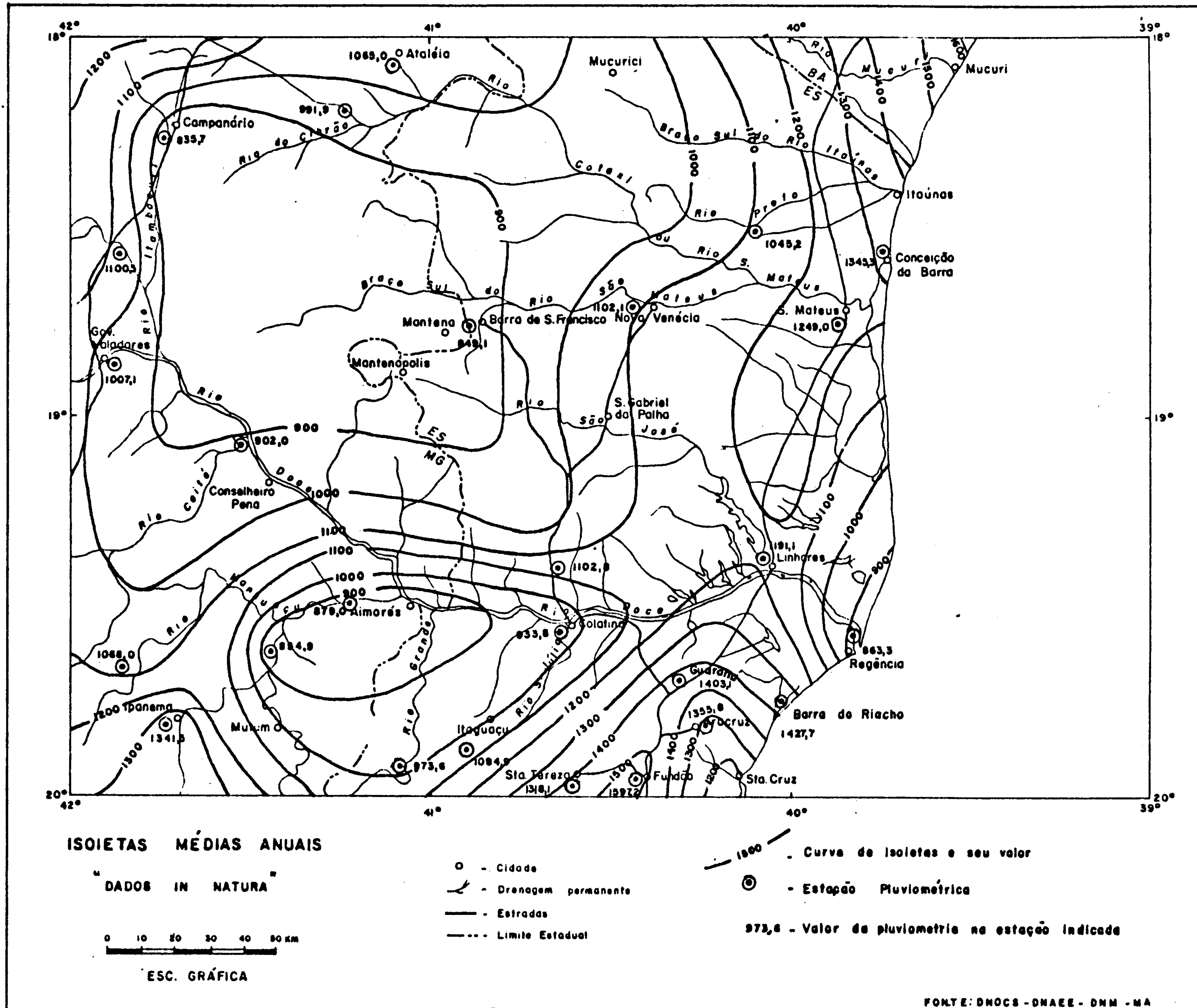


Fig. 4.2

PLUVIOMETRIA - MÉDIAS MENS AIS E ANUAIS (mm)

ESTAÇÃO	M E S E S												TOTAL
	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	
ASSARAÍ	174,3	94,2	113,1	45,3	21,4	19,4	14,5	9,7	11,8	83,0	166,6	201,6	954,9
ATALÉIA	117,9	58,6	150,4	72,9	23,3	32,6	38,8	12,4	31,8	85,8	238,0	202,5	1065,0
BARRA DO CUIETÉ	155,2	99,5	82,8	45,2	17,8	13,0	9,4	7,1	26,6	85,0	165,0	195,4	902,0
CAMPANÁRIO	136,6	64,5	109,2	47,3	26,8	21,5	13,9	8,3	25,5	92,1	87,3	202,7	835,7
FIDELÂNDIA	166,5	94,5	113,6	51,7	14,8	37,9	22,7	12,0	23,2	82,2	194,8	178,0	991,9
GOVERNADOR VALADARES	144,9	104,9	117,1	79,1	24,4	13,0	8,7	5,2	25,7	96,1	150,8	237,0	1007,1
IPANEMA	228,8	145,7	155,5	67,2	23,6	18,8	19,1	13,3	27,3	123,1	233,7	285,4	1341,5
RESPLENDOR	174,3	104,7	100,3	54,2	22,9	13,7	14,0	6,9	28,7	93,8	274,3	230,9	1118,7
SANTO ANTÔNIO DO MANIUAÇU	163,0	68,7	123,1	51,2	21,5	19,1	10,3	10,7	40,6	154,6	243,3	161,9	1068,0
SÃO BERNARDINO DA ENCRUZILHADA	124,3	69,7	92,5	50,5	15,9	15,4	13,8	13,4	26,7	123,0	174,1	159,7	879,0
VILA MATIAS	173,9	106,4	123,7	65,6	25,2	14,9	13,7	7,0	26,3	97,9	182,6	263,3	1100,5
ARACRUZ	169,7	97,4	134,1	95,0	47,4	35,6	94,6	43,2	88,3	191,3	202,7	156,5	1355,8
BARRA DO RIACHO	128,1	131,9	109,0	106,2	61,8	72,7	100,6	60,1	95,0	211,9	198,1	152,3	1427,7
BARRA DE SÃO FRANCISCO	146,9	78,3	92,3	37,6	28,4	26,4	24,8	16,1	30,0	72,9	141,7	153,7	849,1
COLATINA	147,7	87,0	108,2	45,1	27,7	29,7	32,5	22,5	34,2	94,6	145,5	159,1	933,8
CONCEIÇÃO DA BARRA	118,5	90,7	124,6	116,1	81,7	76,9	90,7	58,0	72,0	136,7	187,9	191,5	1345,3
FUNDÃO	197,5	135,8	169,1	113,5	77,4	82,7	81,6	54,8	73,3	141,0	229,2	241,3	1597,2
GUARANÁ	168,1	120,8	127,5	77,3	41,8	58,9	98,6	51,6	95,8	192,1	215,2	155,4	1403,1
ITARANA	162,9	105,5	125,3	63,0	22,9	19,6	20,7	9,2	27,8	93,8	178,1	256,1	1084,9
ITAUNINHAS	119,3	113,1	114,9	69,9	54,5	64,5	57,7	37,4	43,1	91,6	129,7	149,5	1045,2
LARANJA DA TERRA	147,8	88,3	98,3	55,7	26,9	20,6	20,1	6,4	27,1	107,9	165,0	209,5	973,6
LINHARES	154,0	100,9	104,5	85,2	68,5	51,7	69,3	43,0	56,4	106,2	169,5	181,9	1191,1
NOVA VENÉCIA	142,4	97,7	124,5	63,8	49,8	41,9	46,8	26,7	41,9	74,2	167,4	225,0	1102,1
REGÊNCIA	60,1	74,3	78,0	91,4	60,0	66,4	61,0	43,2	37,1	92,2	98,0	101,6	863,3
SANTA TERESA	174,7	122,0	127,8	75,0	56,7	52,9	58,5	34,7	56,8	120,7	192,2	246,1	1318,1
SÃO MATEUS	102,5	105,2	127,6	84,4	58,0	67,0	94,1	45,5	76,7	153,3	163,4	171,3	1249,0

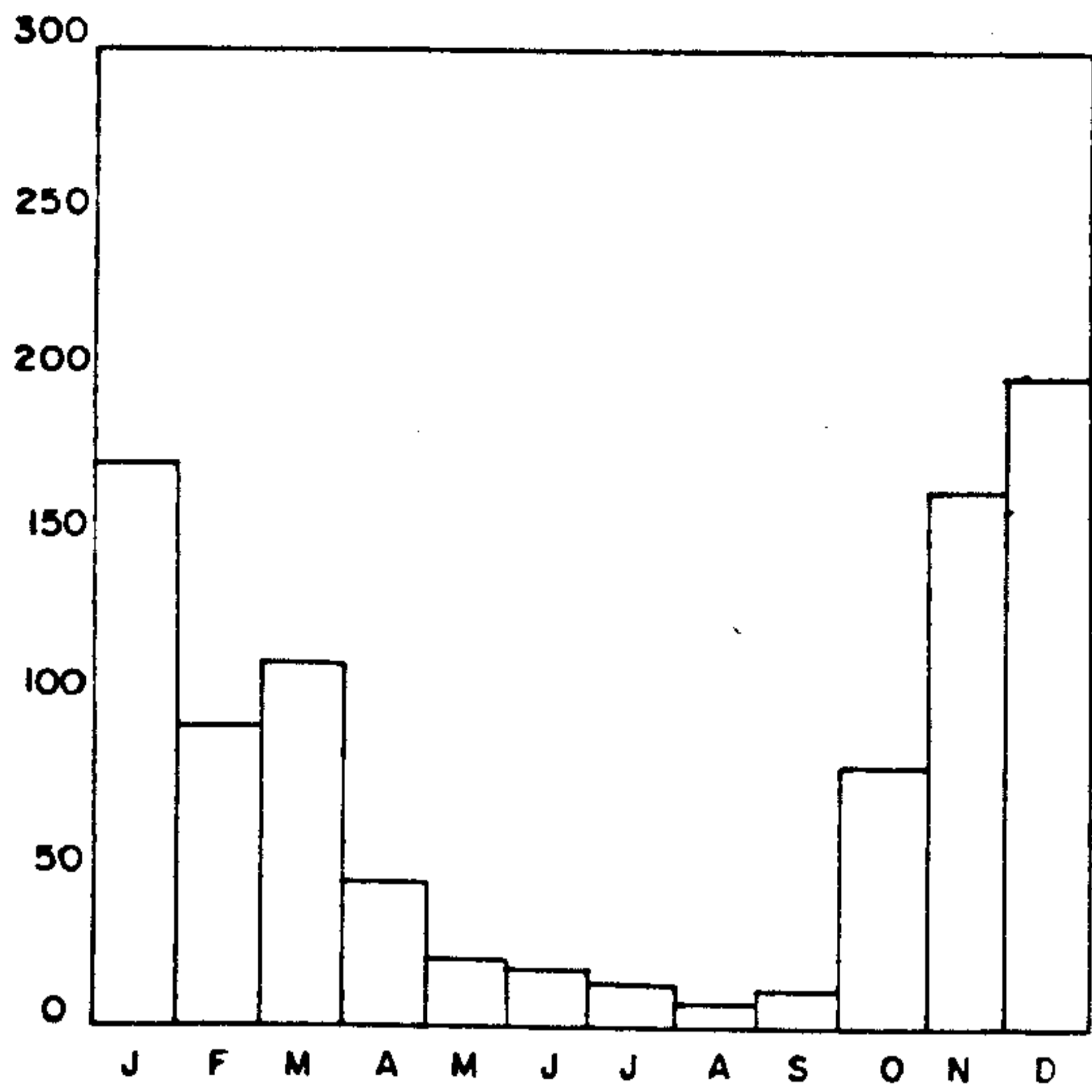
QUADRO: 4.1

PRECIPITAÇÃO ANUAL MÁXIMA E MÍNIMA

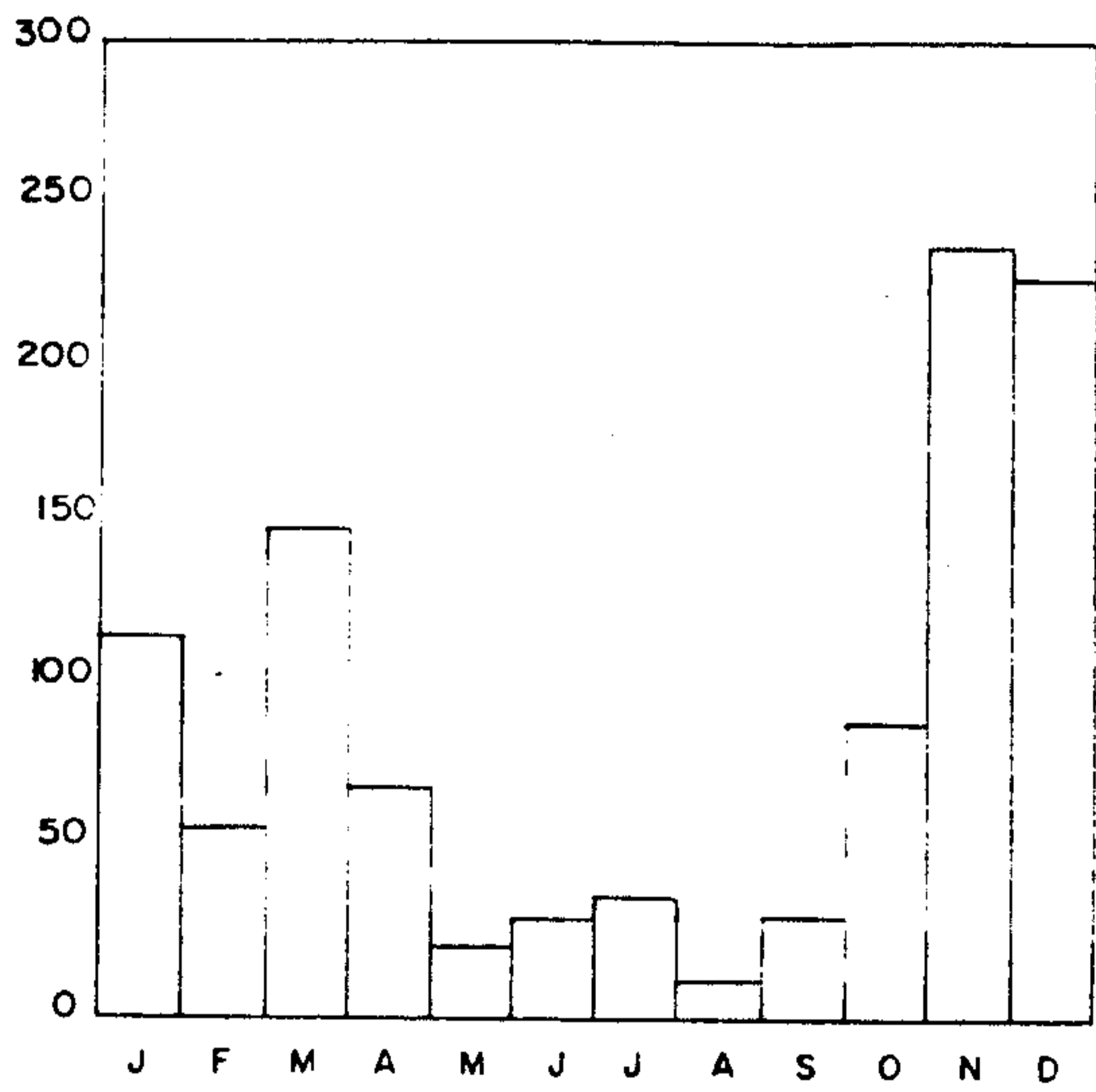
ESTAÇÃO	PRECIPITAÇÃO ANUAL MÍNIMA		PRECIPITAÇÃO ANUAL MÁXIMA	
	ANO	ALTURA (mm)	ANO	ALTURA (mm)
ASSARAÍ	1963	322,8	1952	1.506,0
ATALÉIA	1977	888,0	1971	1.371,5
BARRA DO CUIETÉ	1963	211,8	1952	1.667,6
CAMPANÁRIO	1964	249,2	1960	2.098,8
FIDELÂNDIA	1973	749,8	1964	1.416,2
GOVERNADOR VALADARES	1939	385,8	1945	1.740,2
IPANEMA	1963	404,9	1964	4.323,5
RESPLENDOR	1963	332,9	1952	1.500,0
SANTO ANTÔNIO DO MANHUAÇU	1973	880,0	1970	1.395,7
SÃO SEBASTIÃO DA ENCRUZILHADA	1976	686,7	1973	1.177,8
VILA MATIAS	1964	319,7	1942	2.023,3
ARACRUZ	1977	1.166,8	1975	1.563,8
BARRA DO RIACHO	1972	1.097,5	1968	1.856,9
BARRA DE SÃO FRANCISCO	1954	308,8	1960	1.517,6
COLATINA	1963	341,9	1965	1.300,5
CONCEIÇÃO DA BARRA	1963	719,1	1971	2.196,1
FUNDÃO	1963	793,4	1960	2.053,8
GUARANÁ	1972	1.158,2	1973	1.684,2
ITARANA	1963	435,4	1948	1.593,7
ITAUNINHAS	1963	464,4	1948	2.630,5
LARANJA DA TERRA	1963	276,0	1964	1.540,9
LINHARES	1951	691,1	1964	1.656,8
NOVA VENÉCIA	1963	600,5	1949	1.649,0
SANTA TERESA	1963	527,4	1948	2.020,2
SÃO MATEUS	1972	967,2	1971	1.787,2

QUADRO : 4.2

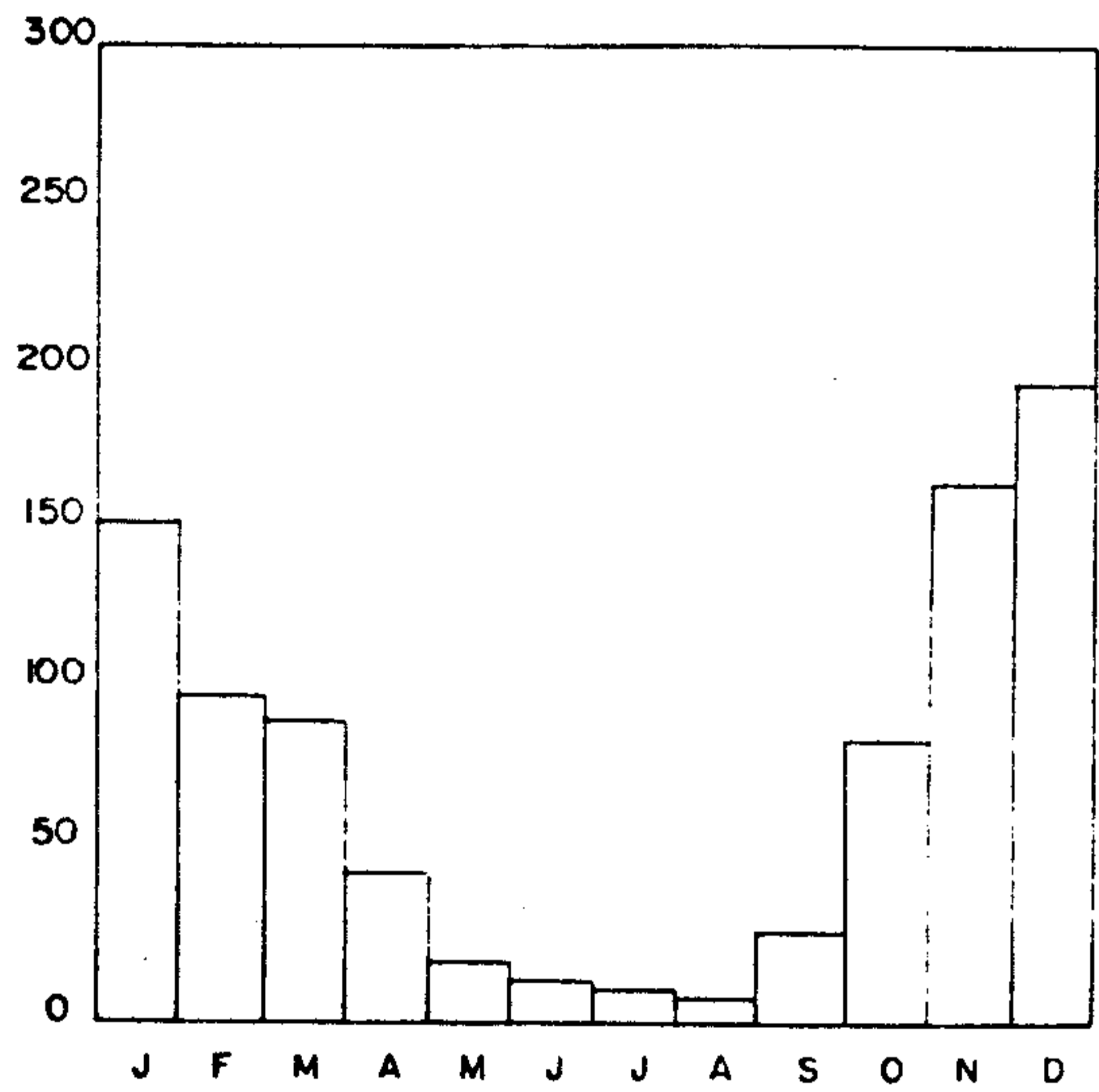
HISTOGRAMAS DE PLUVIOMETRIA
(média mensal em mm)



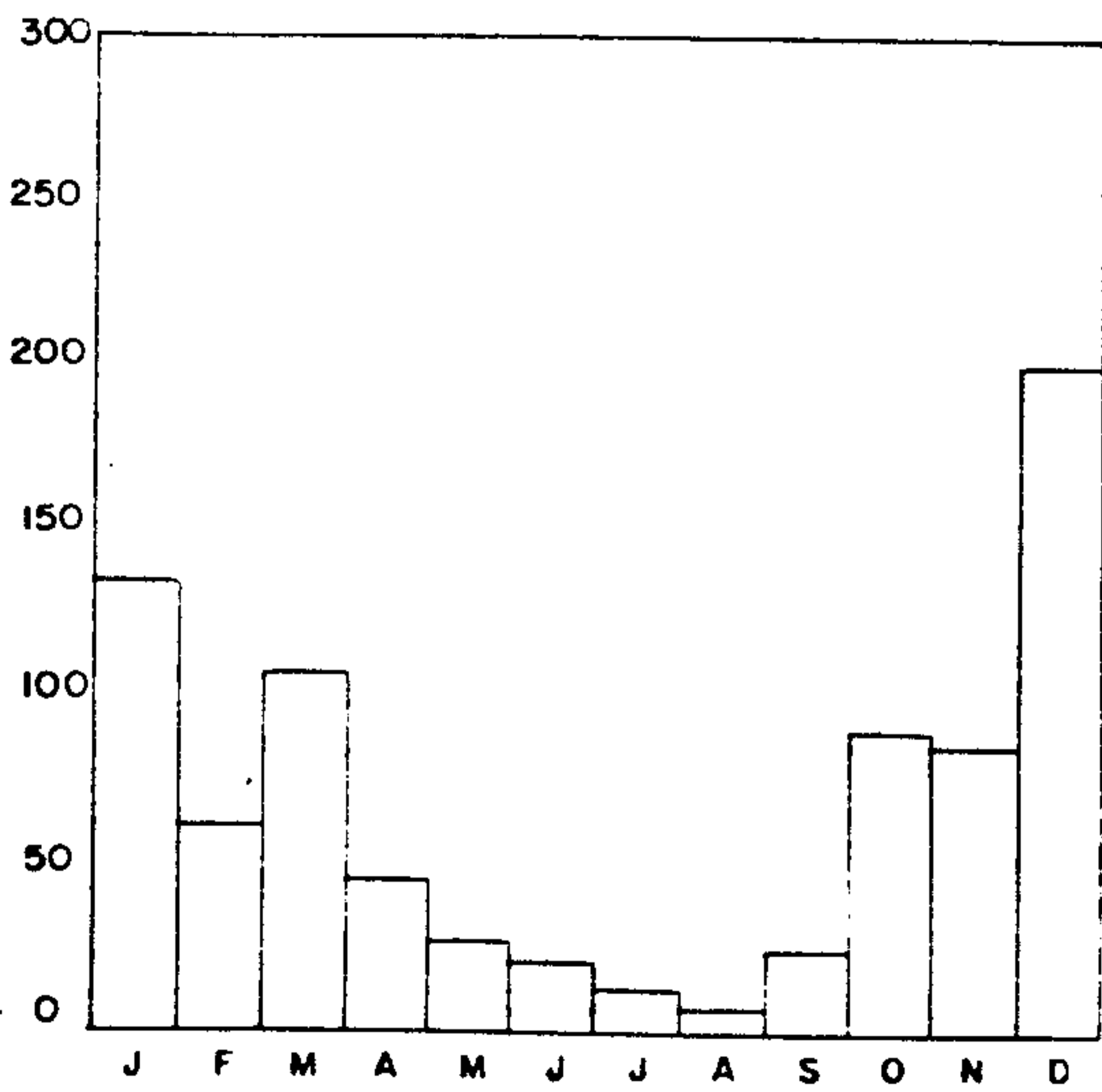
a - Assaraí



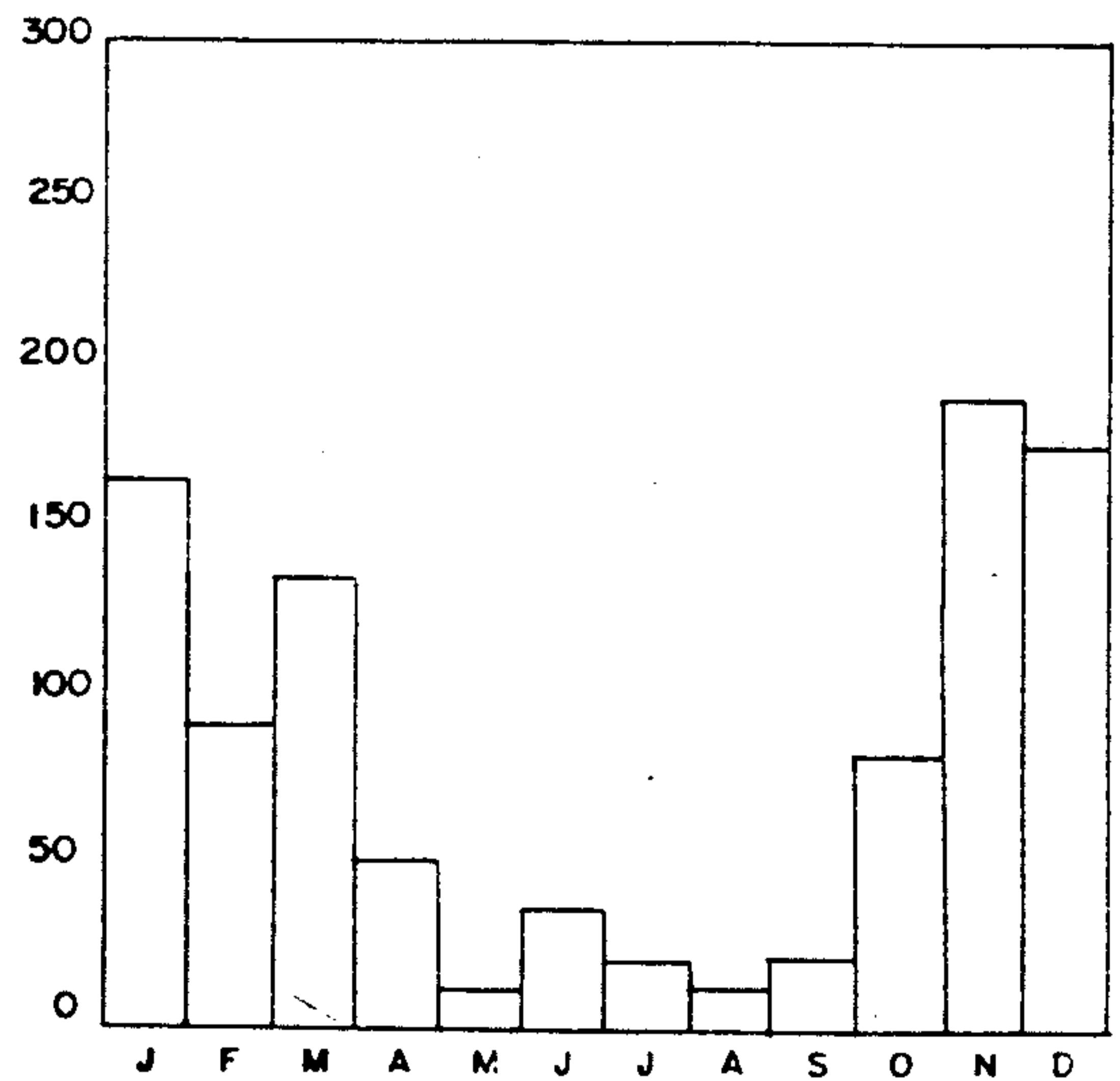
b - Ataleia



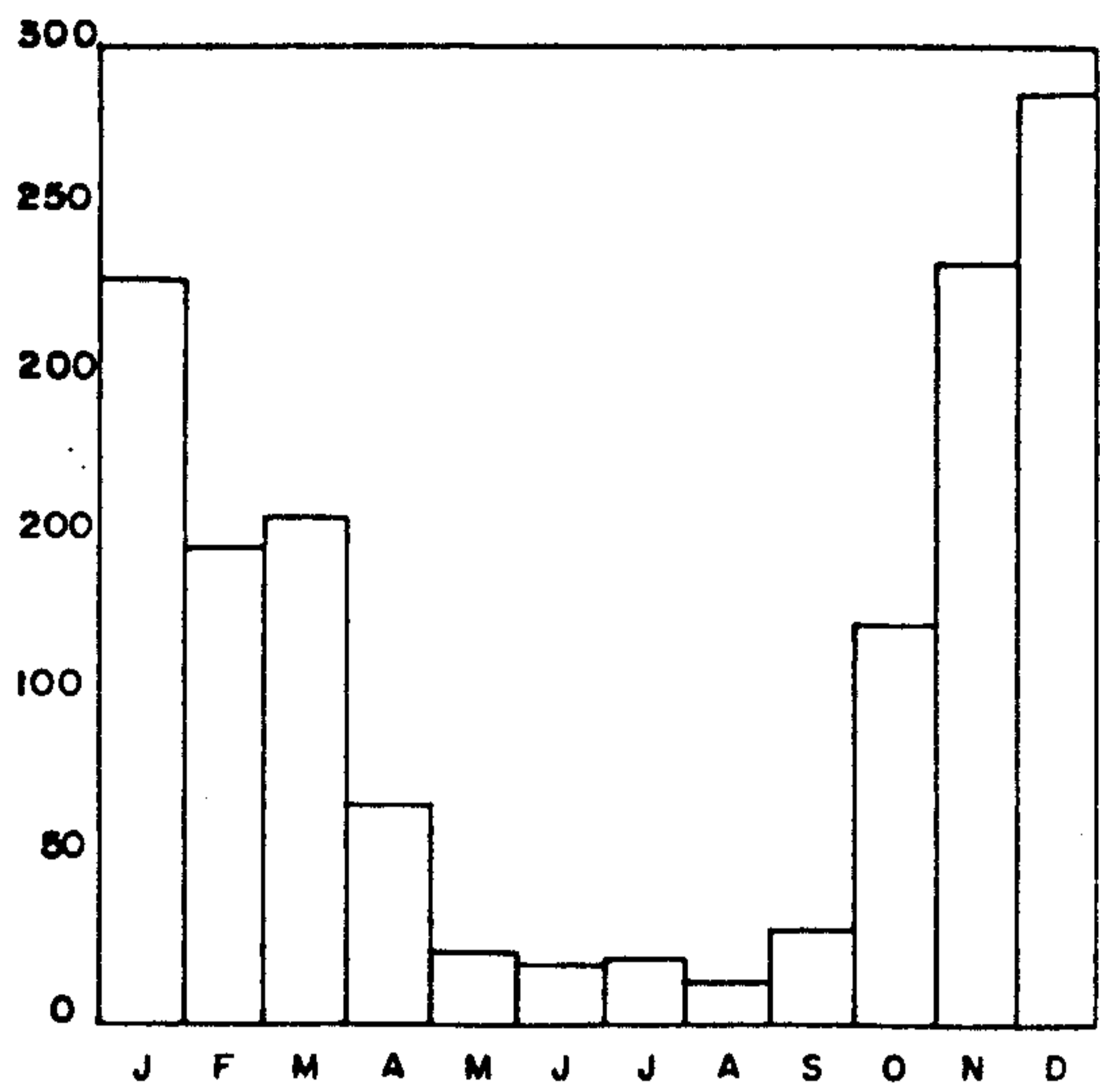
c - Barra do Cuieté



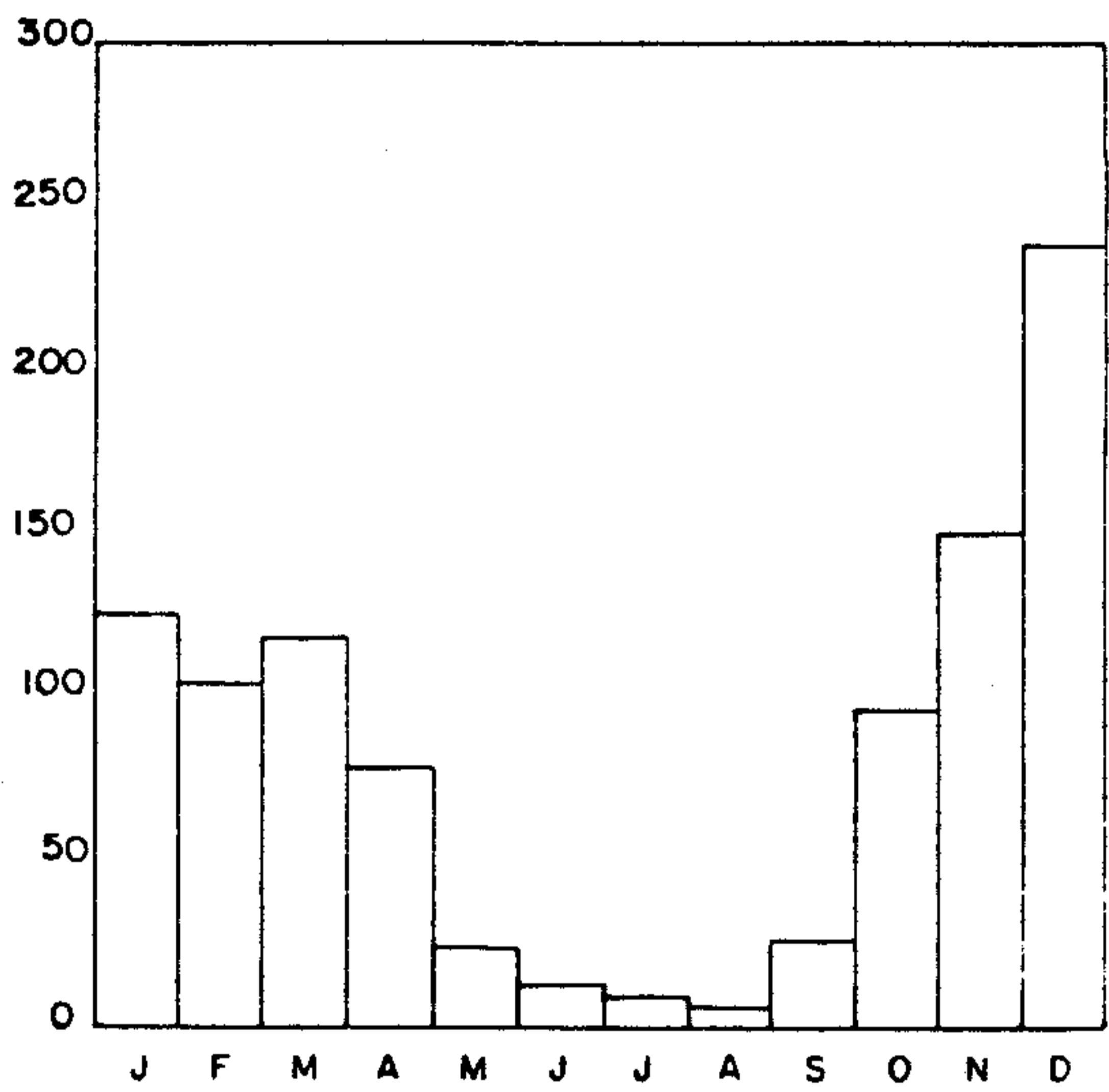
d - Campanário



e - Fidelândia



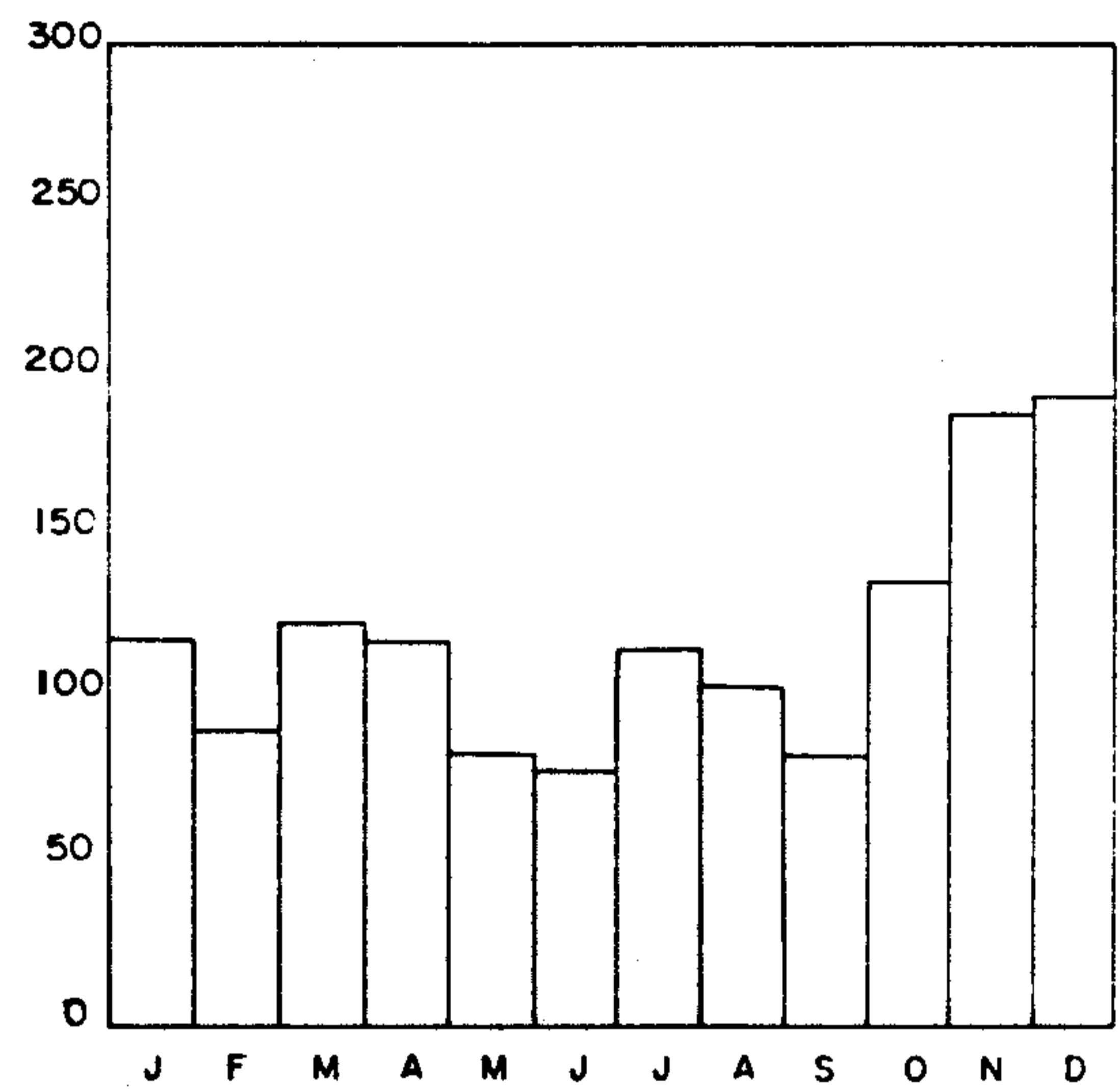
a - Ipanema



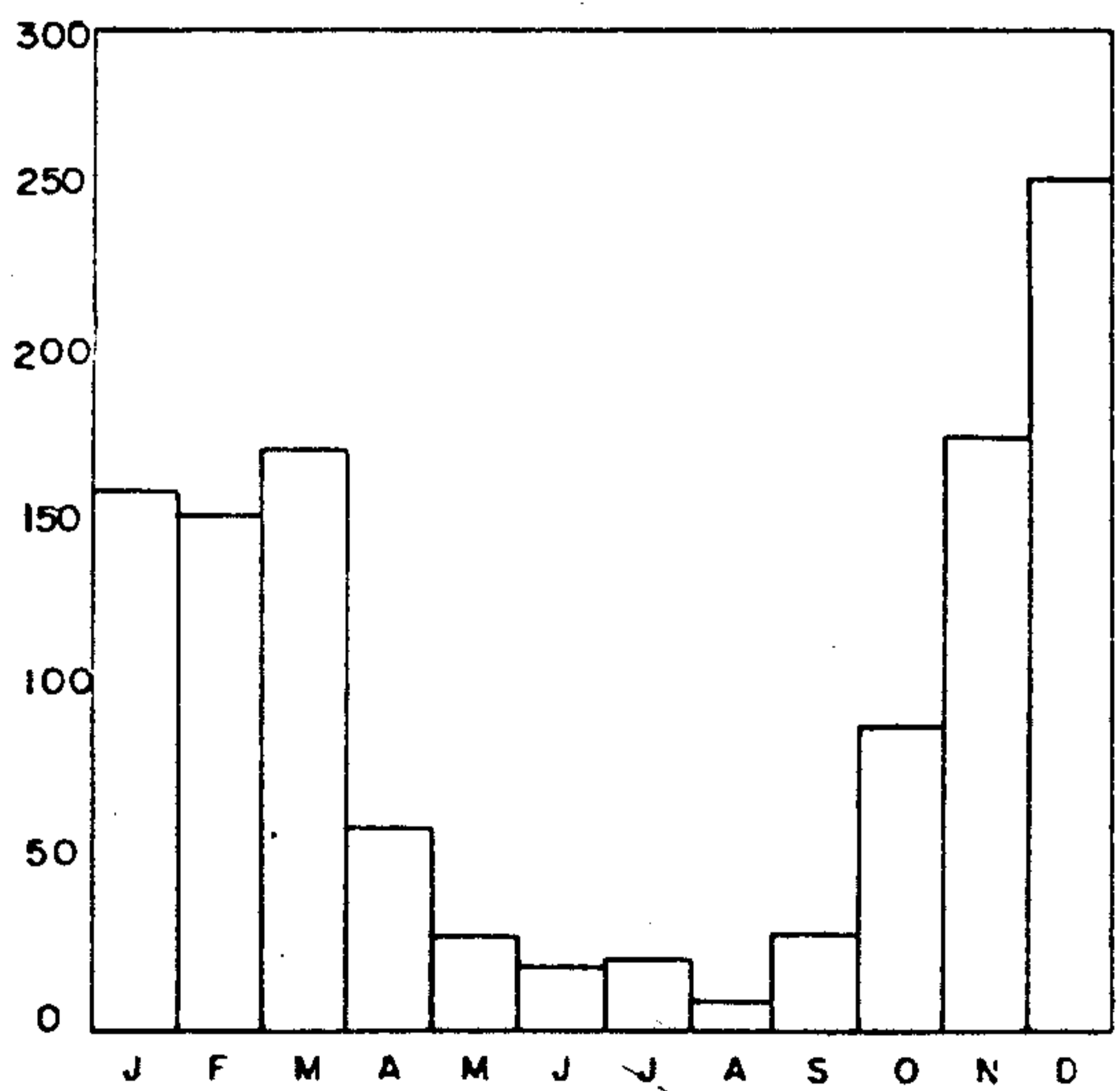
b - Governador Valadares

HISTOGRAMAS DE PLUVIOMETRIA

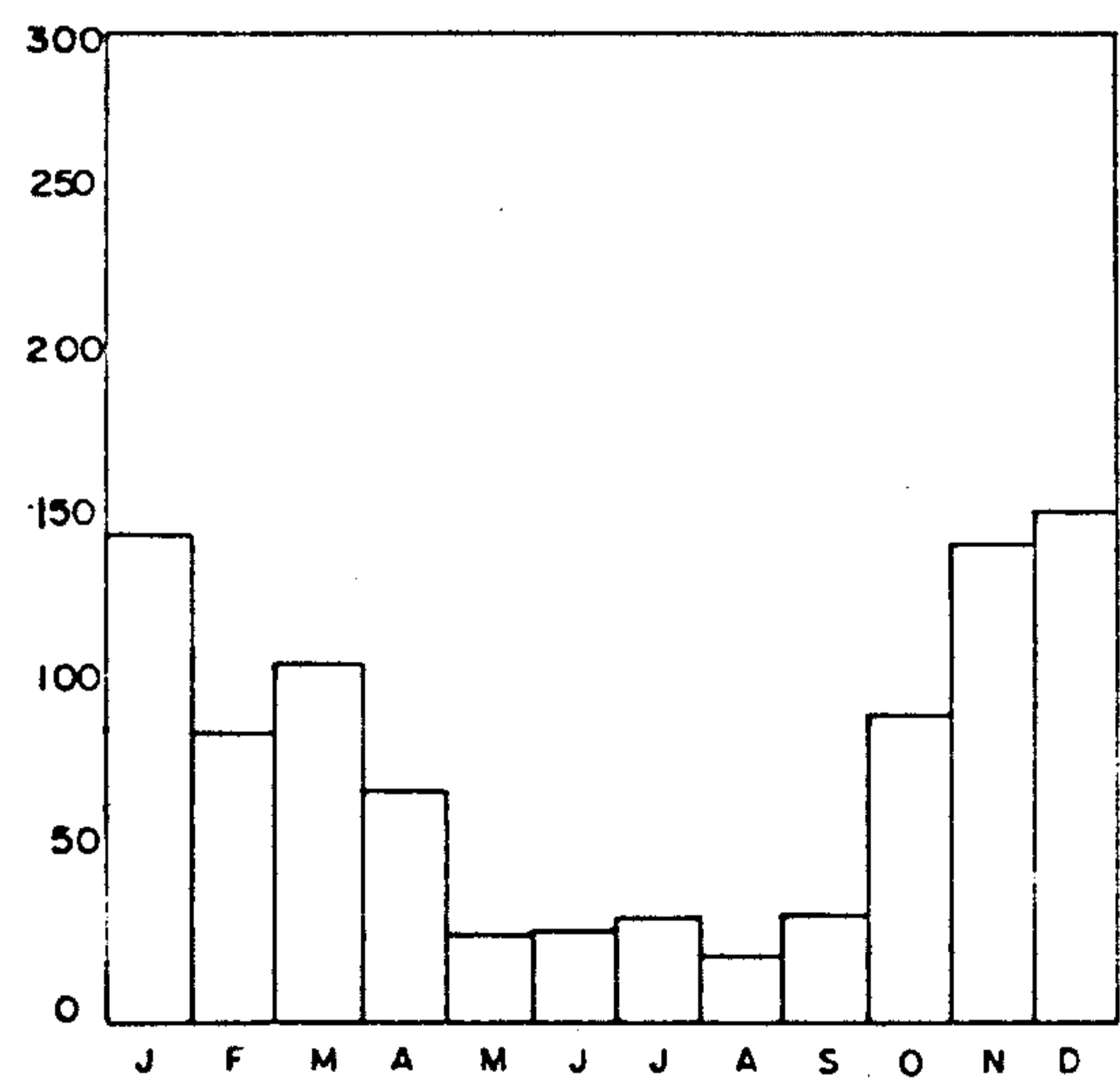
(média mensal em mm)



c - Conceição da Barra



d - Itarana

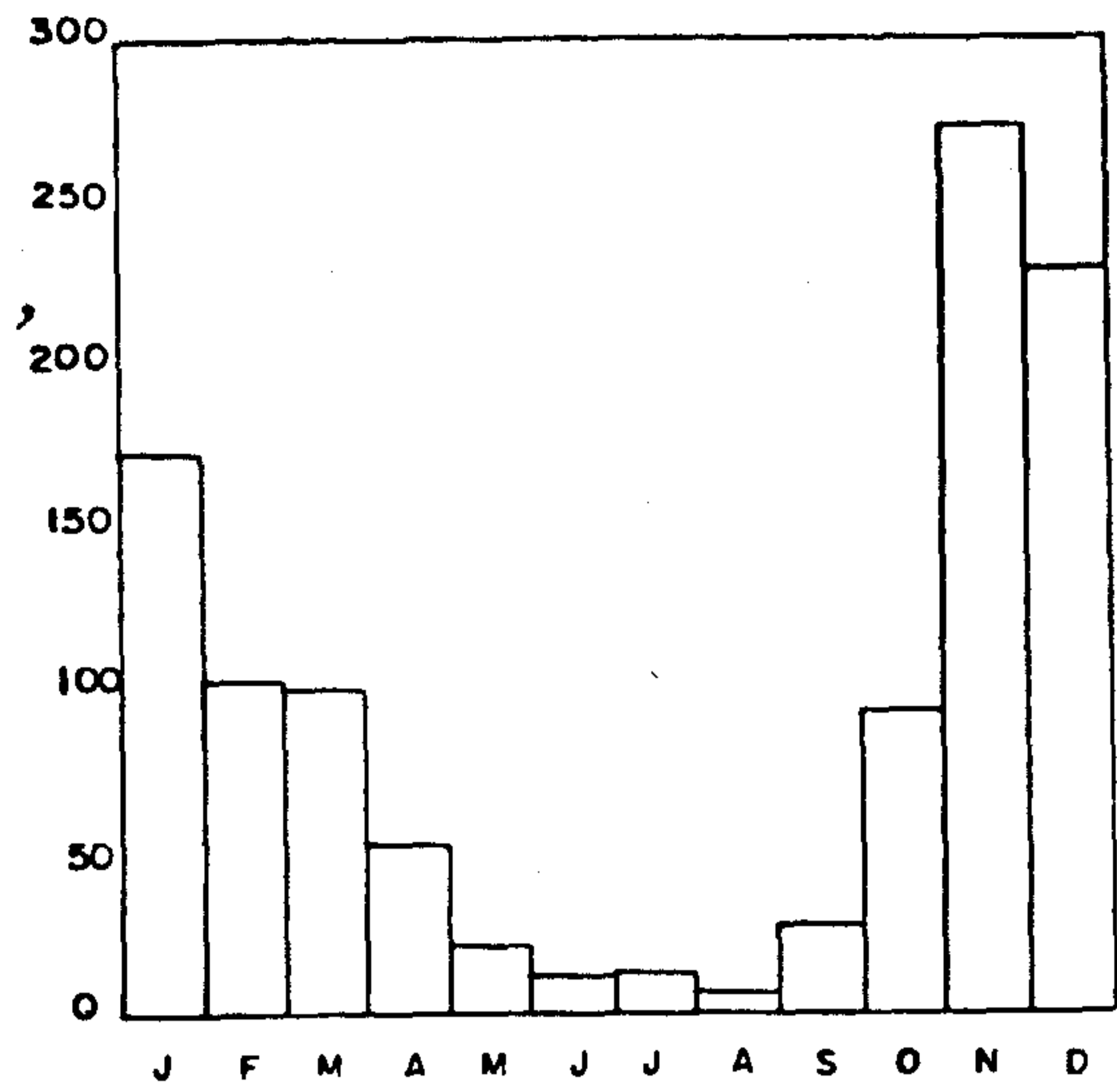


e - Colatina

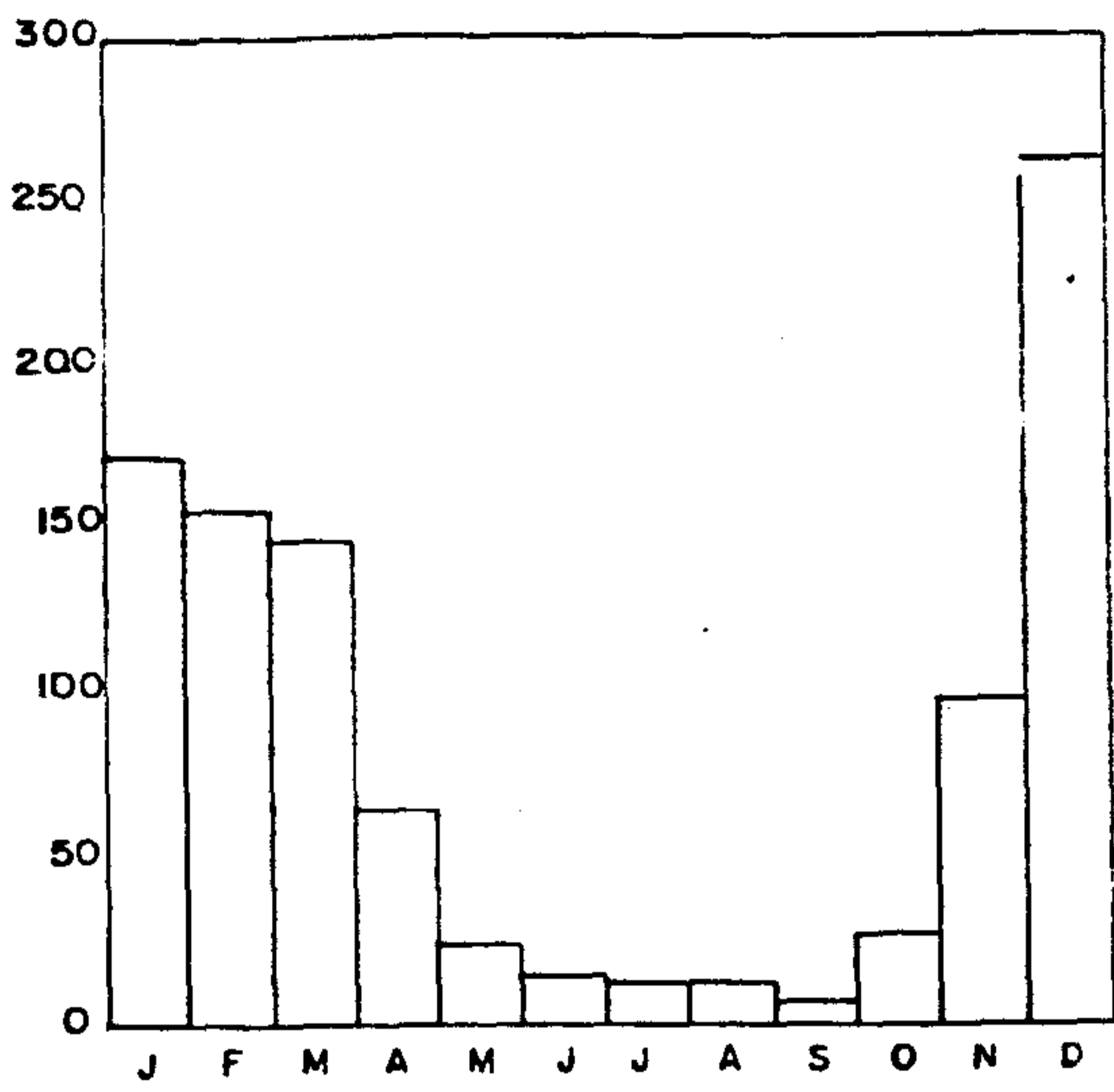
Fig. 4.4

HISTOGRAMAS DE PLUVIOMETRIA

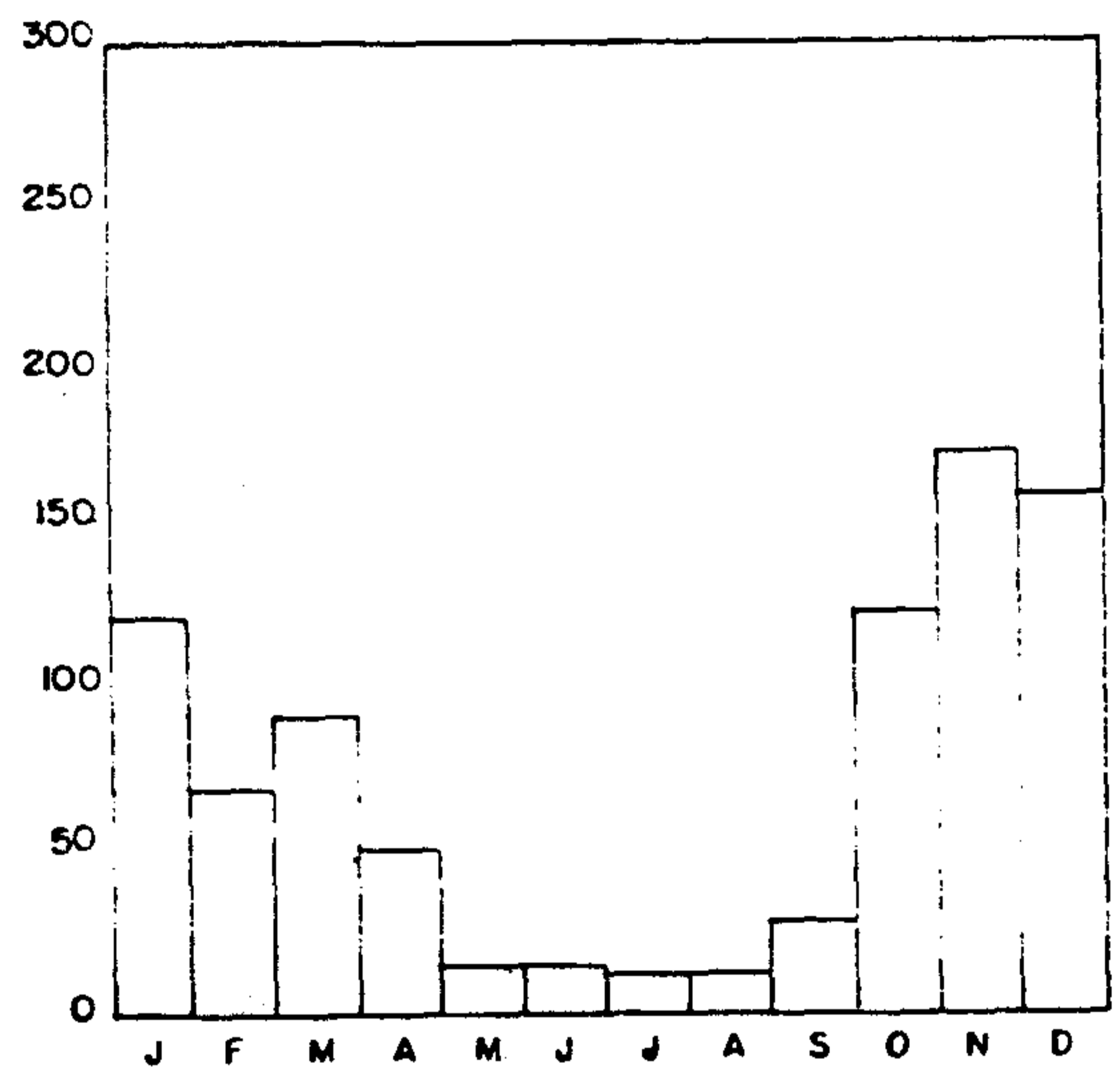
(média mensal em mm)



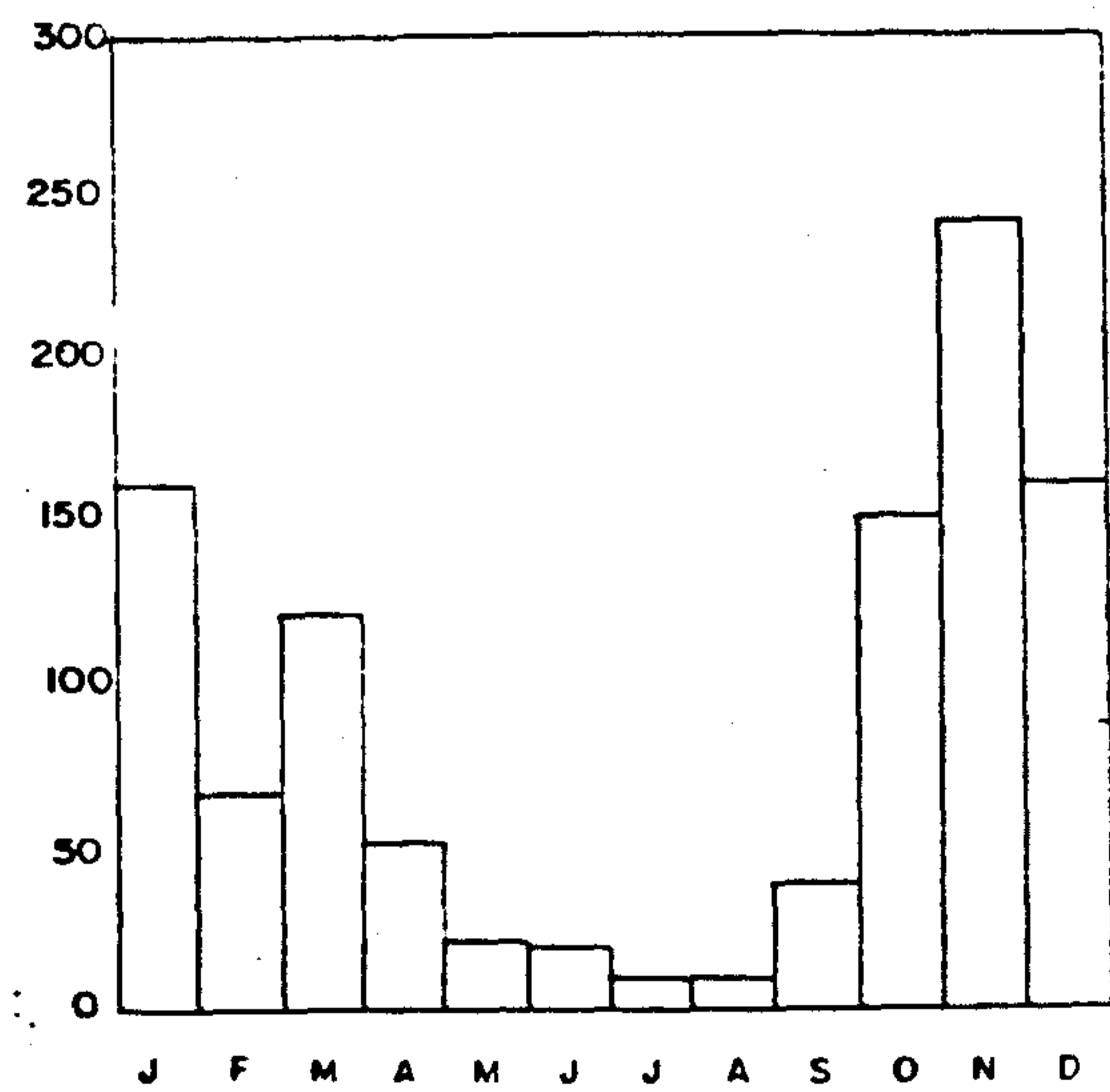
a - Resplendor



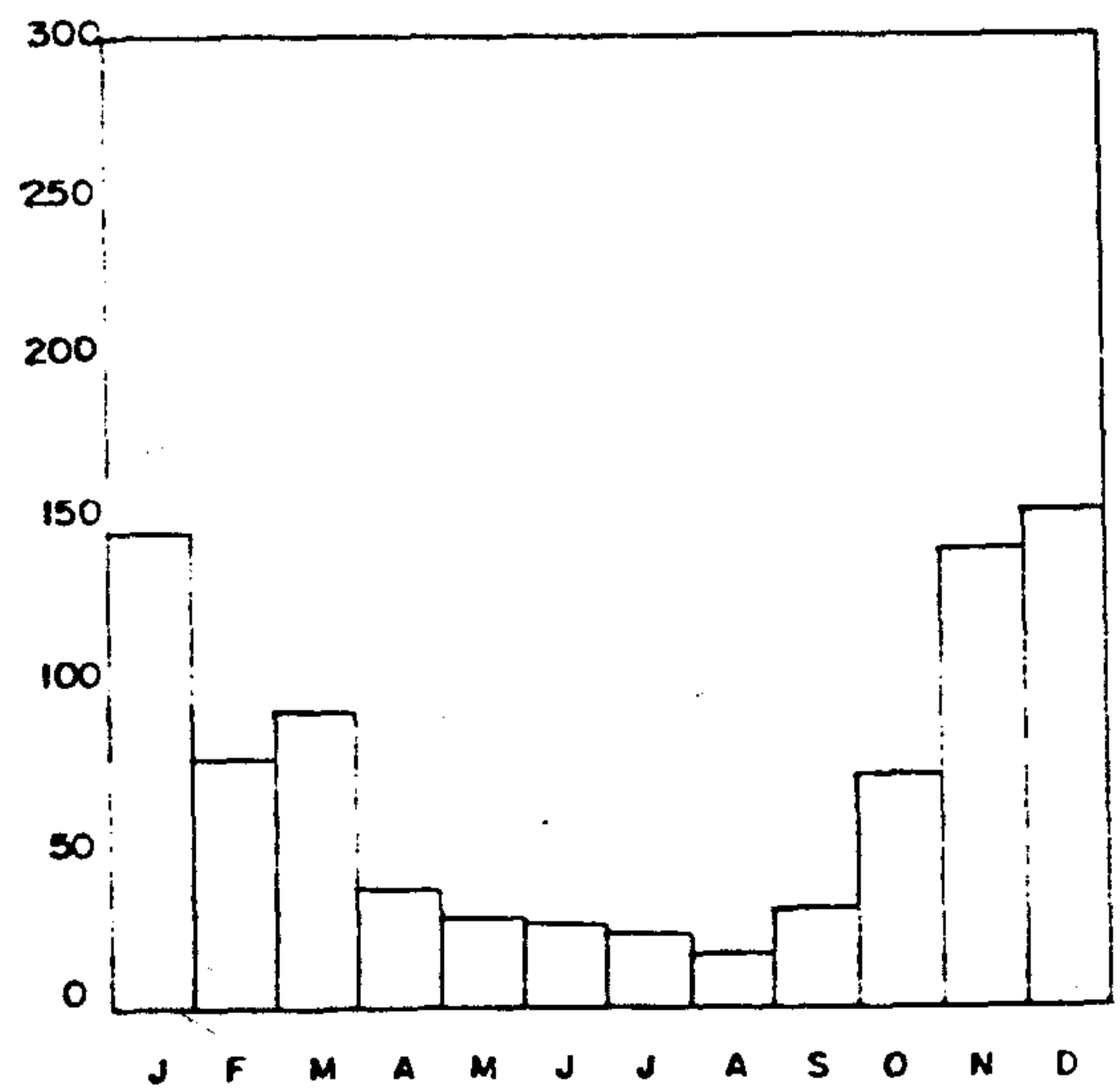
b - Vila Matias



c - São Sebastião, da Encruzilhada



d - Santo Antonio do Manhuaçu



e - Barra de São Francisco

ção da Barra, uma transição para o clima úmido do sul da Bahia, explica em parte a não ocorrência de estação seca perfeitamente definida, porque naquela região baiana, de sul para norte, vai diminuindo a percentagem de chuva de verão, até mais ou menos a altura de Ilhéus, onde ela é igualmente distribuída durante todo o ano.

Já na parte sudeste da área, de relevo mais acentuado e topografia acidentada, a pluviosidade é mais alta. É que essa região de solos profundos e vegetação a bundante, está adjacente ao maciço do Caparaó de elevada al titude. A umidade, contida nas massas de ar que vêm do mar e que ascendem ao encontrarem a barreira montanhosa, conden sa-se, ensejando um maior volume de chuvas no alto da serra ou nas encostas dela.

As conclusões aqui expostas foram baseadas no período pluviométrico encerrado em dezembro de 1978. Exatame nte nesse mês, teve início na região um período chuvoso cu ja intensidade não encontra similar, pelo menos nos últimos cem anos. As consequências desse violento fenômeno foram presenciadas pela equipe do projeto, em sua plena fase de campo: enchentes, desabamentos, estradas destruídas, calami dade pública. Na parte sudoeste da folha, integrante da Zona da Mata de Minas Gerais, onde a precipitação média a nual é da ordem 1.400 mm, foi registrado um total de 715 mm nos primeiros 40 dias de 1979, o que correspondeu a 47% do total de 1978 que foi um dos mais chuvosos dos últimos anos. Também no Espírito Santo a situação foi semelhante. Em Aracruz, em 21 dias de chuva, registrou-se um total de 585,8 mm. Mais ao norte, próximo ao rio Doce, na fazenda dos Irmãos Coutinho, registraram-se em apenas um dia, 163 mm. Este verdadeiro dilúvio marcará como calamitoso o ano de 1979 que, ao tempo deste relato, continuava chuvoso; mas

não invalida o contexto pluviométrico regional, a menos que, desgraçadamente, o fenômeno se torne reincidente.

4.2.2 Temperatura

A exemplo da distribuição das precipitações as temperaturas dependem principalmente de dois fatores: relevo e circulação atmosférica, que têm como complemento os níveis altimétricos, a litologia e a cobertura vegetal.

No litoral, onde a influência marítima anula quase completamente a influência da latitude na variação de temperatura; nos tabuleiros e nos baixos vales, ela apresenta pequenas variações. A amplitude térmica anual é da ordem de 5°C . Como se pode deduzir dos dados do quadro 4.3 a maior parte da área, englobando a baixada litorânea, os tabuleiros terciários, as colinas do norte, bem como os vales que dissecam a serra e as encostas desta, até aproximadamente a cota de 250 e 300 m, apresentam temperaturas médias a elevadas durante todo o ano. Subindo o vale do rio Doce para o noroeste, até Governador Valadares, as médias (fig. 4.6) são ainda mais elevadas: máxima 32°C e mínima 24°C . A sudoeste, região mais elevada, as médias são inferiores a 22°C . Santa Teresa, a mais elevada cidade dessa região, tem sua média mensal máxima, inferior a 23°C . A menos dessa pequena região, toda a área apresenta, pois, temperaturas relativamente elevadas durante todo o ano. O semestre Primavera-Verão caracteriza melhor este fato por se tratar do período em que a incidência solar se verifica em maiores ângulos e o tempo de radiação é mais longo (dias maiores que as noites). O mês mais quente é janeiro quando a média das máximas fica entre 30 e 32°C . Já de maio a agosto a temperatura é sensivelmente mais baixa, atingindo o mínimo

TEMPERATURAS MÉDIAS MENSAIS E ANUAIS EM °C

ESTAÇÃO	M E S E S												ANUAL	PERÍODO
	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.		
AIMORÉS	28,7	29,0	25,7	27,2	25,4	24,6	23,5	25,8	25,0	25,6	25,5	27,2	26,1	1972 - 1976
ARACRUZ	25,7	26,0	25,7	24,3	22,8	21,7	20,8	21,2	23,2	23,0	23,6	24,6	23,5	1948 - 1966
BARRA DE SÃO SEBASTIÃO	25,3	25,5	25,2	23,9	22,6	21,4	20,0	20,6	22,0	23,0	23,7	24,6	23,1	1948 - 1966
COLATINA	26,1	26,2	25,6	24,2	22,6	21,5	20,5	21,3	22,2	23,2	24,0	24,7	24,7	1948 - 1966
CONCEIÇÃO DA BARRA	25,9	26,1	25,8	24,7	23,1	22,0	21,3	21,6	22,6	23,5	24,3	25,1	23,8	1931 - 1960
FUNDO	25,7	26,0	25,5	24,2	23,0	21,6	20,2	21,6	22,4	23,2	23,7	24,4	23,4	1948 - 1966
GOVERNADOR VALADARES	28,6	28,6	27,5	25,6	24,8	22,9	22,5	23,9	24,8	25,6	25,8	26,6	23,7	1967 - 1976
ITAMBACURI	26,5	27,0	26,2	25,2	22,9	21,6	21,0	24,7	23,3	24,9	25,4	25,9	24,6	1963 - 1972
LARANJA DA TERRA	26,0	26,2	25,0	23,4	21,9	20,6	19,7	20,2	21,8	22,9	23,7	24,6	23,0	1948 - 1966
LINHARES	25,8	26,0	25,7	24,3	22,7	21,7	20,5	21,3	22,3	23,2	23,8	24,7	23,5	1948 - 1966
NOVA VENÉCIA	25,2	25,7	25,4	24,3	22,6	21,5	20,3	21,2	22,2	23,2	23,9	24,6	23,3	1948 - 1966
SÃO MATEUS	25,9	26,0	25,8	24,7	23,0	21,9	21,0	21,3	22,4	23,6	24,3	25,1	23,7	1948 - 1966
SANTA TERESA	22,8	22,9	21,8	19,8	17,6	16,2	16,0	17,8	19,0	20,0	20,9	21,5	19,6	1948 - 1966

Fonte: IBGE

QUADRO: 4.3

TEMPERATURAS MÉDIAS MENSAIS

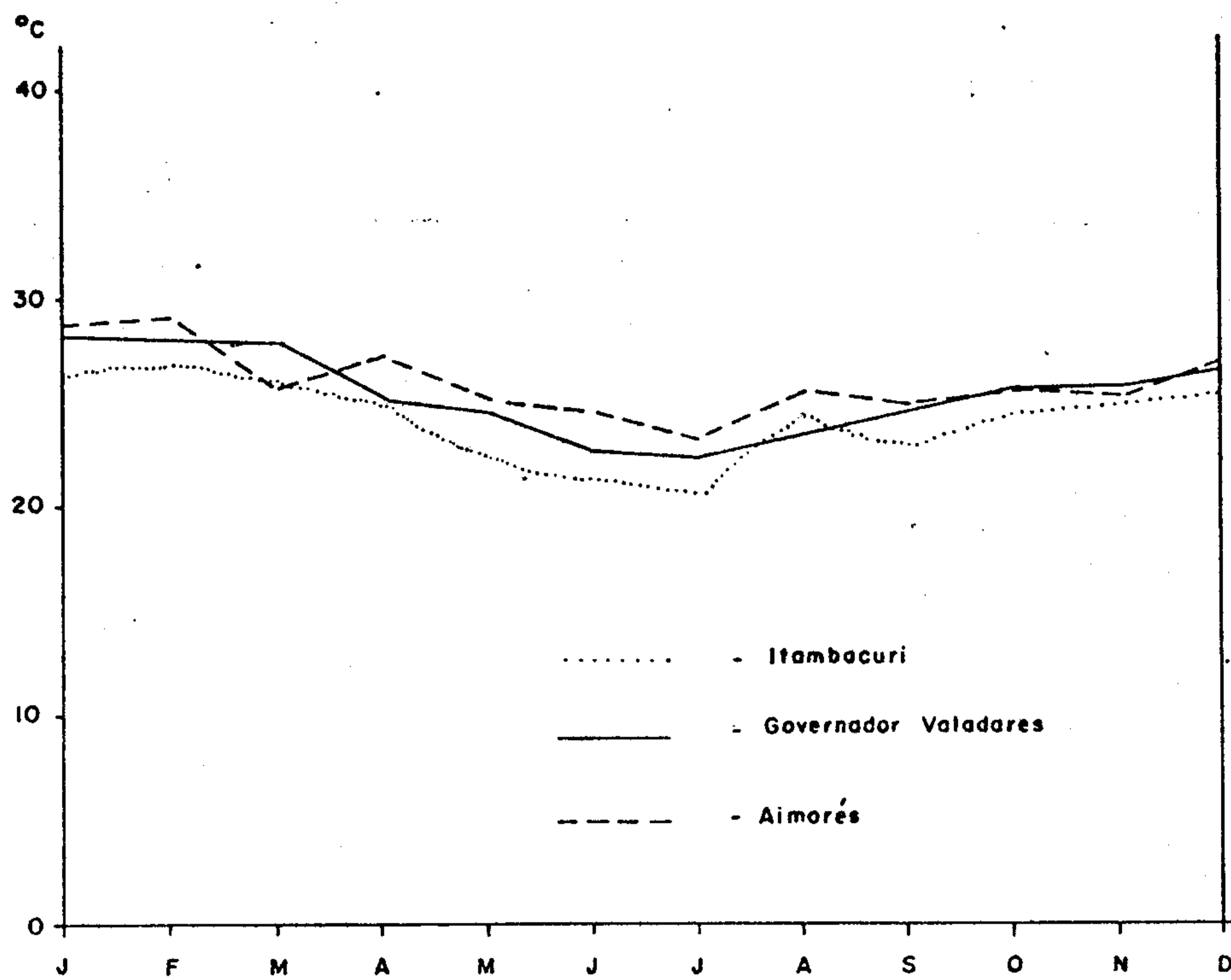


Fig. 4.6

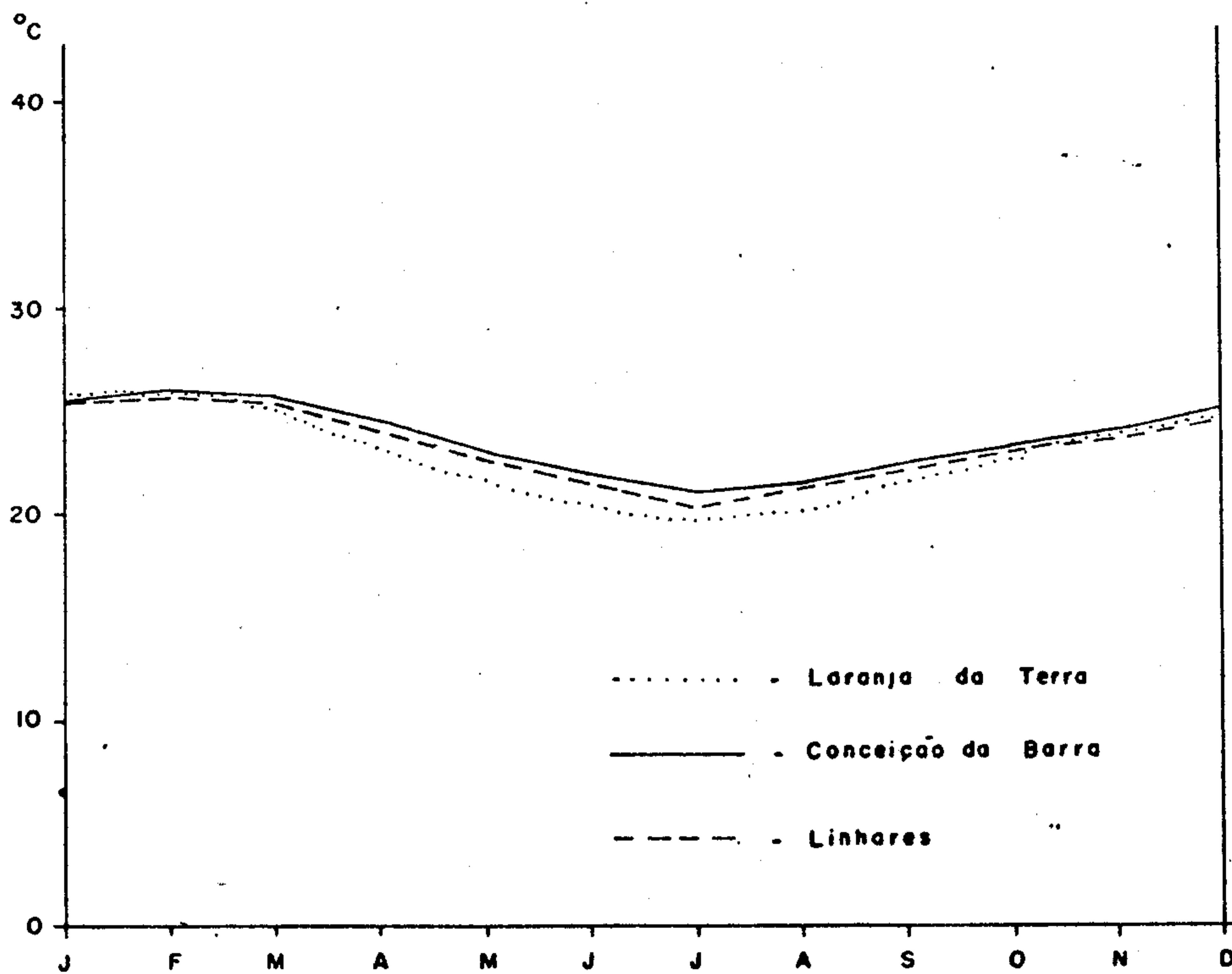


Fig. 4.7

em junho. Isto porque, nesse período a incidência solar se faz com um máximo de inclinação, formando, pois, seus menores ângulos em relação à superfície deste hemisfério, com o conseqüente declínio da temperatura. Esta característica é tão marcante para toda a região Sudeste que, apenas o litoral e as superfícies baixas próximas a ele, dos Estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, não experimentam temperaturas inferiores a 8°C . Aí as mínimas diárias de junho acusam médias superiores a 14°C e nunca a média mensal decai dos 20°C , fig. 4.7. Só na já citada zona de Santa Teresa e nas altitudes acima de 500 m na fronteira de Minas Gerais com Espírito Santo ocorrem médias inferiores a 18°C . Dentro da área as zonas mais quentes correspondem àquelas onde as condições geológicas, topográficas e vegetacionais permitem a maior insolação, com exposição acentuada do solo desprotegido e que, pelas condições morfológicas, permite maior penetração dos raios solares concentrando mais calor.

4.2.3 Ventos e Pressões

Apenas quatro estações fornecem dados relativos a ventos e pressões na folha Rio Doce SO: Aimorés, no período de 1972 a 1976 (ventos e pressões); Governador Valadares, de 1967 a 1976 (ambos); Itambacuri, de 1963 a 1972 (só vento) e Conceição da Barra, 1931 a 1960 (só pressão). Inclui-se a estação de Teófilo Otoni, à guisa de enriquecer o elenco de dados, já que a estação, que possui dados completos, está próxima ao limite da área e o município está parcialmente contido na folha.

Este pequeno acervo de dados não é suficiente para conclusões de grande valia. Mas, nas médias anuais das pressões, nota-se um acréscimo segundo um arco que saindo

de Teófilo Otoni, passa por Governador Valadares e Aimorés e vai para Conceição da Barra, ou seja de NW para E. O quadro 4.4, mostra as medidas mensais e anuais da pressão em milibares.

PRESSÃO EM mb

ESTAÇÃO	M E S E S												ANUAL
	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	
AIMORÉS	994,6	994,3	993,4	1001,2	1000,0	1003,8	1003,8	1002,4	1000,9	999,0	997,9	996,7	999,0
CONCEIÇÃO DA BARRA	1012,3	1012,4	1012,7	1014,4	1016,4	1018,6	1019,9	1019,4	1017,3	1015,1	1012,3	1011,6	1015,8
GOVERNADOR VALADARES	991,7	989,3	990,6	989,5	992,8	994,9	997,5	995,4	993,0	991,5	986,7	982,9	991,4
TEÓFILO OTONI	972,0	971,9	972,2	973,4	975,9	977,2	979,1	978,8	976,7	974,4	972,0	971,5	974,6

Fonte: DNM - MA

Quadro 4.4

Quanto aos ventos temos para Teófilo Otoni e Governador Valadares, a predominância da direção NE e velocidade média de 0,8 m/s e 1,0 m/s, respectivamente. Em Aimorés predomina a direção SE-NW, ora num sentido, ora noutro, e uma velocidade, bem maior, de 2,2 m/s. Em Itambacuri, predomina a direção E ou a calmaria, sendo a velocidade média de 0,6 m/s.

O quadro 4.5 mostra os valores médios registrados nas quatro estações.

ESTAÇÃO	PARÂMETRO	M E S E S												ANUAL
		JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	
AIMORÉS	DIREÇÃO	SE/NW	SE/NW	SE/NW	SE/NW	SE/NW	SE/NW	SE/NW	SE/NW	SE/NW	SE/E	SE/NE	SE/NE	SE/NE
	VELOCIDADE	2,4	2,1	2,2	2,0	1,8	1,8	2,9	2,4	2,4	1,9	2,2	2,2	2,2
GOVERNADOR VALADARES	DIREÇÃO	NE/C	NE/C	NE/C	C/NE	C/NE	C/NE	C/NE	NE/C	NE/C	NE/C	NE/C	NE/C	NE/C
	VELOCIDADE	0,9	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	1,2	1,4	1,3	1,4	1,0	1,0
ITAMBACURI	DIREÇÃO	C/E	C/E	C/E	C/E	C/E	C/E	C/E	NE/C	NE/C	NE/C	NE/C	NE/C	
	VELOCIDADE	0,6	0,8	0,7	0,5	0,4	0,6	0,5	0,6	0,4	0,6	0,5	0,5	0,6
TEÓFILO OTONI	DIREÇÃO	C/NE	NE/C	C/NE	NE/C	C/NE	C/NE	C/NE	C/NE	NE/C	NE/C	C/NE	C/NE	
	VELOCIDADE	0,6	0,9	0,6	0,9	0,6	0,6	0,6	0,7	1,0	0,8	0,7	0,7	0,8

Fonte: DNM - MA

Quadro 4.5

4.2.4 Umidade Relativa e Insolação

O comportamento das curvas da umidade relativa, fig. 4.8, mostra um período de mínimas médias mensais em agosto e setembro, e o das máximas em novembro e dezembro. A mínima média mensal registrou-se em Governador Valadares 62,4%, em agosto. Enquanto a máxima se deu em junho, em Conceição da Barra, 85,5%.

O quadro 4.6 dá as médias mensais e anuais de 5 estações.

UMIDADE RELATIVA EM %

ESTAÇÃO	M E S E S												ANUAL	PERÍODO
	JAN.	FEB.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.		
AIMORÉS	67,8	71,0	70,7	69,9	72,8	71,1	70,8	66,8	68,3	72,4	72,6	74,8	70,8	1972 - 1976
CONCEIÇÃO DA BARRA	83,2	83,4	84,1	84,2	84,3	85,5	84,5	82,4	80,5	81,6	85,0	84,7	84,0	1931 - 1960
GOVERNADOR VALADARES	65,0	67,0	67,3	70,2	70,5	69,7	67,7	62,4	64,0	68,3	73,2	73,2	66,5	1957 - 1976
ITABIRACURI	67,9	69,0	70,2	74,4	72,1	72,2	72,8	66,6	64,4	72,3	72,6	73,7	70,7	1963 - 1972
TEÓFILO OTONI	72,3	71,9	72,9	76,1	77,1	78,3	78,4	74,6	73,6	76,9	78,4	78,0	75,7	1966 - 1976

Fonte: DEM - MA

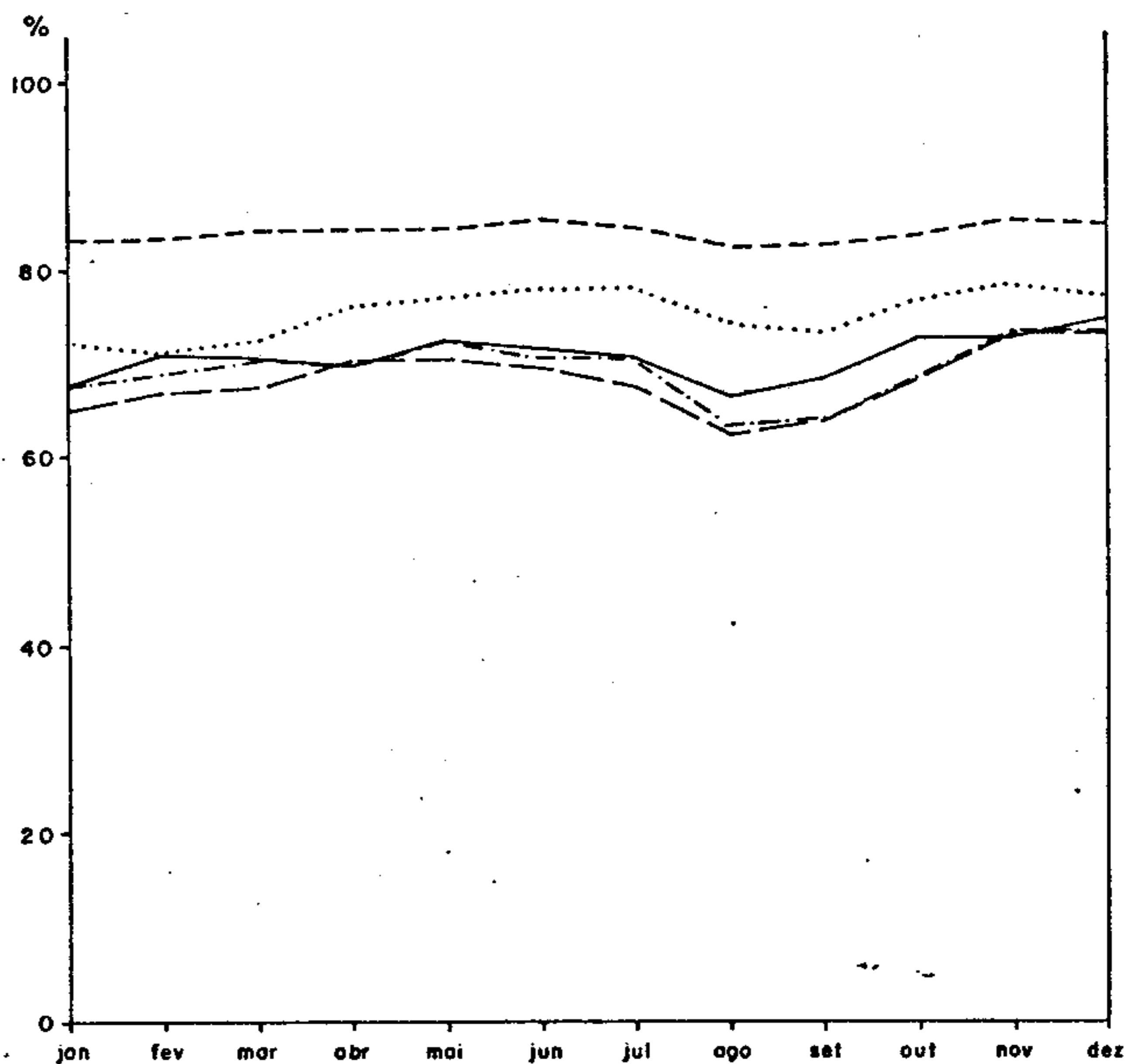
Quadro 4.6

OBS: A estação de Teófilo Otoni aparece neste item pelo motivo já exposto no item anterior.

Os valores mensais e anuais da insolação em horas e décimos de hora estão expressos no quadro 4.7.

A fig. 4.9 mostra o comportamento das curvas indicando um período de maior insolação, para a área, de dezembro a maio, e outro de menores valores de agosto a novembro. O maior número de horas de insolação registra-se em Aimorés, em janeiro, 276,8 h e o menor, em Teófilo Otoni, em novembro 119,7 h.

UMIDADE RELATIVA



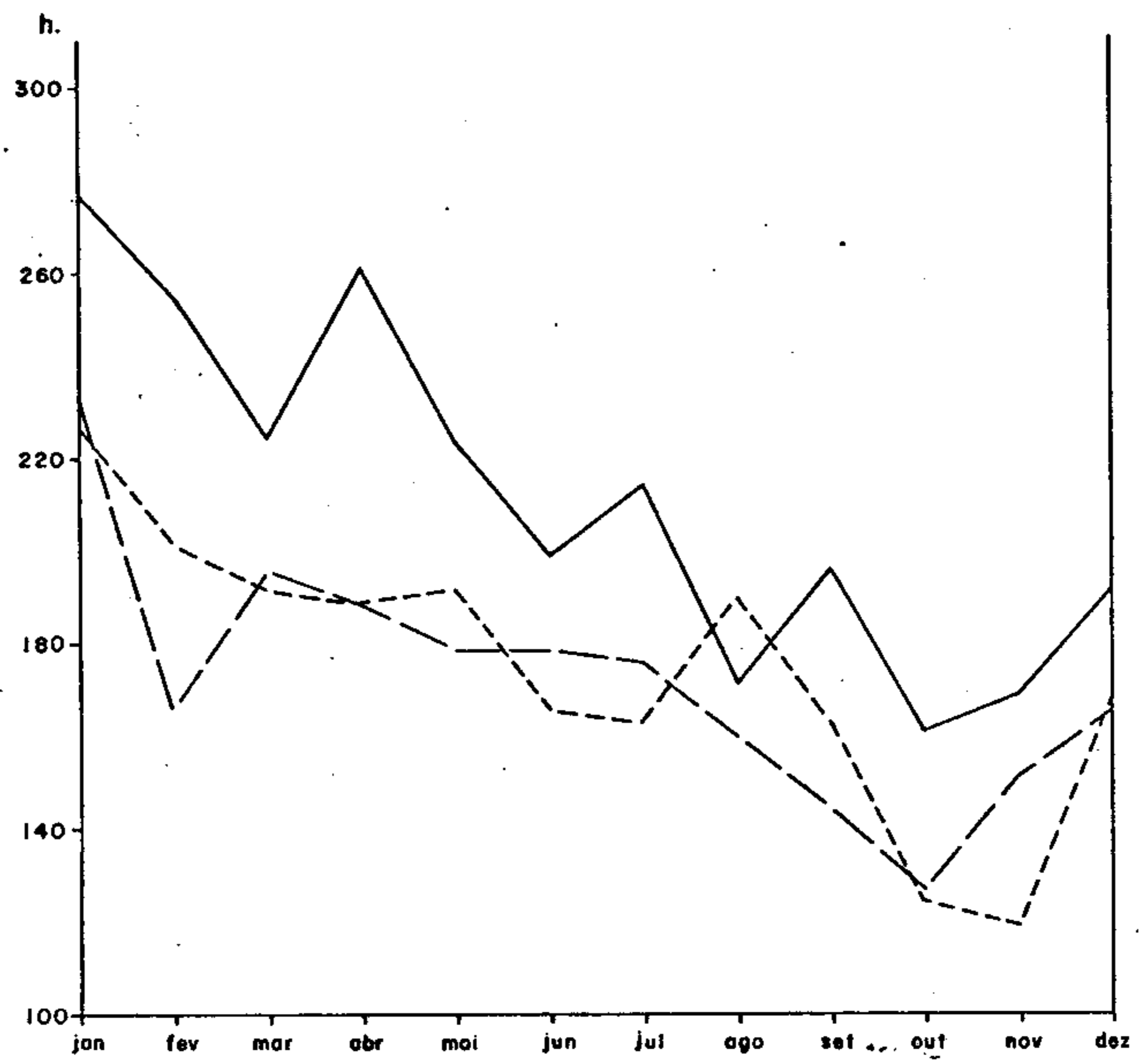
ESTAÇÃO

PERÍODO

—————	- AIMORÉS	1972/1976
- - - - -	- CONCEIÇÃO DA BARRA	1931/1960
—————	- GOVERNADOR VALADARES	1967/1976
- . - . - .	- ITAMBACURI	1963/1972
.....	- TEÓFILO OTONI	1966/1976

Fig. 4.8

INSOLAÇÃO



ESTAÇÃO

PERÍODO

- - AIMORÉS 1972/1976
- - GOVERNADOR VALADARES 1967/1976
- - TEÓFILO OTONI 1966/1976

Fig. 4.9

INSOLAÇÃO EM HORAS E DÉCIMOS

ESTAÇÃO	M E S E S												ANUAL	PERÍODO
	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.		
AIMORÉS	276,8	254,4	224,5	261,0	222,9	198,9	214,5	171,6	196,1	161,7	165,2	191,2	2541,8	1972 - 1976
GOVERNADOR VALADARES	234,0	166,6	196,3	188,1	178,9	178,3	176,1	205,0	145,2	126,9	151,3	164,9	2111,2	1967 - 1976
FRÉDILIO OTONI	228,7	202,4	192,2	189,3	192,6	166,3	163,6	190,5	163,1	124,3	119,7	167,4	2100,0	1966 - 1976

Fonte: DMI - MA

Quadro 4.7

4.2.5 Evaporação e Evapotranspiração

A evaporação da água é de importância fundamental nas regiões que possuem temperaturas elevadas e baixos índices de precipitações pluviométricas. A utilização de instrumentos ou métodos para sua determinação torna-se indispensável para o cálculo das reservas de água subterrânea.

Na área em estudo, apenas três estações do Serviço de Meteorologia do M.A. dispõem de dados relativos à evaporação total (em superfície livre) medidos em Tanque de PICHÉ (Quadro 4.8):

EVAPORAÇÃO TOTAL EM mm

ESTAÇÃO	M E S E S												ANUAL
	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	
AIMORÉS	107,8	93,0	90,9	92,9	70,8	62,7	82,4	70,2	118,2	103,3	64,3	85,2	997,8
GOVERNADOR VALADARES	93,7	79,5	78,9	82,3	58,6	57,7	67,2	84,4	76,6	76,4	65,0	66,3	886,2
ITAMBACURI	95,9	93,8	81,4	61,1	62,8	62,6	66,5	72,8	94,6	90,2	78,1	81,8	941,6

Fonte: DMI - MA

Quadro 4.8

Para Governador Valadares, por exemplo, pode-se observar que a evaporação total medida foi da ordem 88% da pluviometria, considerando-se os totais anuais

(P = 1.007,1 mm).

A evapotranspiração, fenômeno resultante da soma de perdas d'água por evaporação e por transpiração das plantas, é aqui calculada a partir das fórmulas estabelecidas por TURC, tanto a evapotranspiração potencial quanto a real (valor anual), baseando-se exclusivamente nos elementos climáticos.

Em todas as estações consideradas, a umidade relativa sempre se apresentou acima de 65%, assim, a fórmula de TURC aplicada na determinação da ETP foi a seguinte:

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

onde:

ETp = evapotranspiração potencial em mm por mês;

t = temperatura média mensal em °C;

I_g = radiação global do mês considerado em cal/cm²/dia, obtidas das cartas de Black.

OBS: para o mês de fevereiro a constante 0,40 foi substituída por 0,37.

No quadro 4.9 estão expressos os valores da ETP calculados e os respectivos valores de I_g utilizados.

Por esse quadro, pode-se concluir que, para a área, o valor médio anual da ETP fica em torno 1.298 mm, e os valores extremos são observados na região de Itambacuri, Governador Valadares e no litoral, os máximos, já que aí chove menos e as temperaturas são elevadas. E na região de Santa Teresa, Fundão, Laranja da Terra os valores são mínimos

EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (em mm)

ESTAÇÃO		M E S E S												TOTAL
		JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	
ARACRUZ	Ig	415	480	435	395	320	300	315	355	430	425	415	405	1284,6
	ETp	117,4	124,4	122,5	110,1	89,3	82,8	84,8	94,9	116,6	115,0	113,7	113,1	
BARRA DE SÃO FRANCISCO	Ig	410	475	435	420	330	315	325	370	470	430	410	405	1300,7
	ETp	11,5	122,3	121,6	115,5	91,4	85,8	85,7	97,2	123,7	116,2	112,7	113,1	
COLATINA	Ig	410	475	435	405	325	305	320	360	450	425	410	400	1290,5
	ETp	116,8	123,5	122,3	112,4	90,2	83,6	85,5	96,2	119,4	115,4	113,2	112,0	
CONCEIÇÃO DA BARRA	Ig	435	495	450	415	330	310	320	365	470	435	425	430	1336,9
	ETp	122,9	128,1	126,5	115,7	92,2	85,6	86,8	98,0	125,0	118,4	117,5	120,2	
FUNDÃO	Ig	415	475	435	395	320	300	315	355	425	420	410	400	1276,4
	ETp	117,4	123,2	122,1	109,9	89,6	82,6	83,8	95,6	113,8	114,2	112,7	111,5	
LARANJA DA TERRA	Ig	405	465	425	395	320	305	320	360	430	420	405	375	1256,3
	ETp	115,4	121,2	118,7	108,5	87,8	82,2	84,0	94,1	113,7	113,6	111,5	105,6	
LINHARES	Ig	420	485	440	405	325	305	315	355	450	425	420	415	1300,4
	ETp	118,9	125,5	123,8	112,5	90,3	84,0	84,3	95,1	119,6	115,4	115,3	115,7	
NOVA VENÉCIA	Ig	420	480	440	420	330	315	325	365	470	430	420	415	1313,7
	ETp	117,9	123,8	123,2	116,2	91,4	86,0	86,3	97,2	124,1	116,6	115,5	115,5	
SANTA TERESA	Ig	410	475	430	395	320	300	315	355	430	420	410	395	1185,9
	ETp	111,0	117,4	113,7	101,3	79,9	72,7	75,4	87,9	107,3	107,4	107,1	104,8	
SÃO MATEUS	Ig	430	490	445	415	330	310	320	360	465	430	425	425	1326,4
	ETp	121,6	126,7	125,2	115,7	92,0	85,5	86,3	96,2	123,4	117,4	117,5	118,9	
GOVERNADOR VALADARES	Ig	395	455	425	420	330	320	330	375	475	425	400	370	1329,4
	ETp	113,8	122,6	122,9	118,5	94,7	89,4	91,2	104,4	130,9	119,8	113,8	107,4	
AIMORÉS	Ig	405	470	430	405	325	310	320	360	450	425	405	390	1335,4
	ETp	119,5	126,8	121,2	117,3	94,3	89,5	90,3	103,7	125,0	119,8	114,6	113,4	
ITAMBACURI	Ig	405	460	430	435	335	325	335	380	495	430	405	400	1340,3
	ETp	116,2	121,3	122,1	121,6	93,0	88,5	89,8	107,0	132,6	119,8	114,4	118,0	

QUADRO: 4.9

(temperaturas mais baixas e maior pluviosidade).

A evapotranspiração real (valores anuais) foi determinada, para as estações possuidoras de dados, pela fórmula, também de TURC, seguinte:

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

onde:

P = pluviometria média anual em mm;

L = parâmetro Turc, cujo valor é:

$$L = 300 + 25t + 0,05t^3, \text{ onde } t \text{ é a temperatura média anual em } ^\circ\text{C}.$$

Os valores encontrados, de ETr, estão relacionados abaixo:

EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL

Barra de São Francisco	767,7
Colatina	829,3
Conceição da Barra	1.051,8
Fundão	1.130,4
Governador Valadares	877,3
Laranja da Terra	843,7
Linhares	972,3
Nova Venécia	922,3
Santa Teresa	893,6
São Mateus	1.005,6

4.2.6 Zoneamento Árido

A determinação do índice de aridez (I), com base na pluviometria média anual (P) e na temperatura média anual (T), se fez através da fórmula proposta por DE MARTONNE:

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

Os valores de I foram assim calculados para dez estações da área: Barra de São Francisco 25, Colatina 26, Conceição da Barra 39, Fundão 47, Governador Valadares 29, Laranja da Terra 29, Linhares 35, Nova Venécia 33, São Mateus 33 e Santa Teresa 44. Nota-se que no litoral, ou próximo a ele, os valores são mais elevados, como era de se esperar, já que aí o grau de umidade é maior.

De modo geral os valores da aridez estão entre 20 e 50 sendo que, no setor SE predominam índices entre 40 e 50, no NE entre 30 e 40, e no restante da área, centro, NW e SW entre 20 e 30.

A classificação segundo os índices de DE MARTONNE consta do quadro 4.10 abaixo:

ÍNDICE	DESCRIÇÃO
0 a 5	Deserto
5 a 10	Estepe Desértica
10 a 20	Transição
20 a 30	Savana
30 a 40	Floresta
40 a 50	Grande Floresta

Fonte: OESA

Quadro 4.10

4.2.7 Caracterização Climática

A maior parte da área compreendida pela folha Rio Doce-SO é caracterizada pelo clima Aw de KÖPPEN, quente e úmido, com duas estações: uma chuvosa no verão, outra seca no inverno.

Para a parte leste da área, correspondente ao norte do Espírito Santo e extremo-sul da Bahia, há um predomínio absoluto dos climas de designação A estabelecidos por KÖPPEN. O Aw, de maior abrangência, tem aí algumas características peculiares: a estação seca, embora presente, não é tão acentuada, dada a proximidade do litoral, por onde penetram as massas frias no inverno; também as precipitações não são tão abundantes no verão, por se tratar de zona de transição do tipo Aw para os tipos Am e Af, que ocorrem ao norte. Estes dois fatores são especialmente notórios em Regência que, por sua situação quase oceânica, livre de qualquer elevação que possa interceptar as massas de ar que penetram no continente, apresenta chuvas relativamente escassas e estação seca pouco pronunciada. A precipitação no semestre de verão é de apenas 58% do total, enquanto em Colatina, mais para o interior, esta percentagem já atinge 70%. De Conceição da Barra para norte, há a passagem para os tipos Am e Af, quentes, úmidos, de florestas tropicais, sem estação seca. A principal diferença entre estes dois últimos é que o período menos chuvoso no Af não é tão acentuado como no Am. O tipo Am ocorre ainda, em pequena porção, a SE da área, onde também estão presentes os tipos de designação C. O Cfa, úmido, sem estação seca e ameno e Cwa, que ocupa também, já no Estado de Minas Gerais, os setores NW e SW. Este tipo corresponde ao clima tropical de altitude, com verões quentes e chuvosos.

A distribuição dos tipos climáticos de KÖPPEN está representada na fig. 4.10.

A classificação de KÖPPEN, antes abordada, que é a de maior divulgação no Brasil, é essencialmente descritiva e não tem preocupação com a gênese dos climas. As severas críticas que lhe são dirigidas decorrem do fato de áreas cujos climas provocados por mecanismos de circulação atmosférica totalmente diferentes, serem englobadas num mesmo tipo climático, resultando disto um quadro climático generalizado e inexpressivo, quando relacionado às paisagens fitogeográficas.

Sendo a relação cobertura vegetal-clima amplamente aceita cientificamente, a classificação de GAUSSEN, que, além dessa correlação, introduz também a influência da dinâmica das massas de ar e os fatores relevo e altitude, tem sido preferida.

Segundo essa classificação, pode-se admitir para a área em estudo, os quatros tipos climáticos seguintes:

4cth - Termoxeroquimênico Atenuado - com estação seca muito curta (3 a 4 meses). A este clima corresponde a vegetação de cerrado. Índice xerotérmico entre 40 e 100. (Índice xerotérmico é o número de dias biologicamente secos, no decorrer dos meses secos - sem chuva, umidade atmosférica reduzida, sem orvalho e nevoeiro). Esta modalidade climática ocorre no canto NW da folha.

4dth - Subtermaxérico - tropical quente e sub-seco, estação seca muito curta, de 1 a 2 meses, e índice xerotérmico entre 0 e 40. A floresta latifoliada é a vegetação correspondente. Ocorre

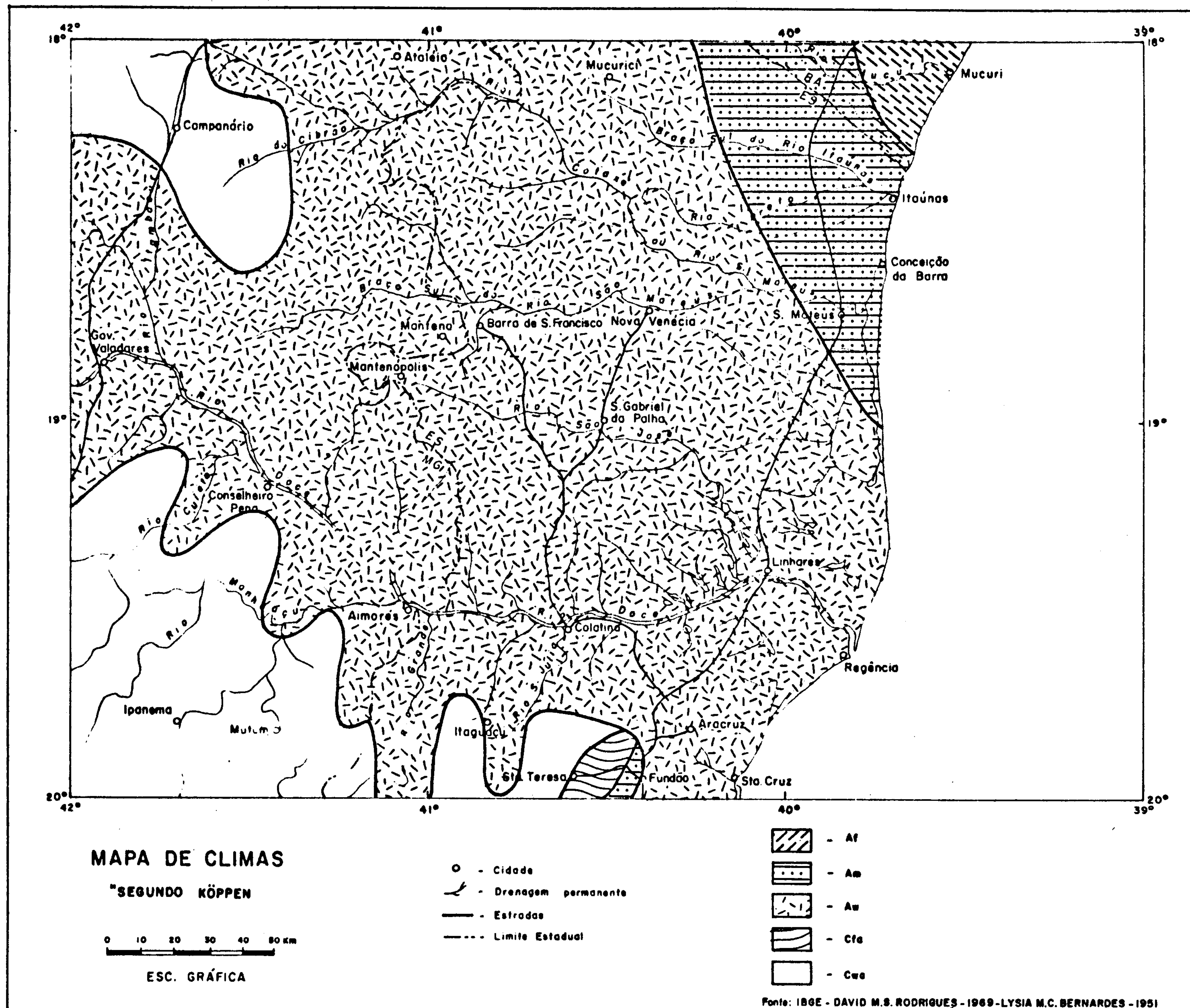


Fig. 4.10

nos setores NW e SW da folha.

4dth' - Subtermaxérico de transição - tropical subquente e subseco. Diferencia-se do 4dth pelo regime térmico: enquanto no 4dth a temperatura do mês mais frio é superior a 19°C , no 4dth' ela fica abaixo de 19°C , e a geada é fenômeno comum. O mesmo tipo de vegetação anterior e que, neste clima, cedeu lugar aos cafezais. Ocorre segundo duas faixas NS e EW.

6a - Eutermaxérico - clima equatorial propriamente dito, com temperatura do mês mais frio superior a 20°C , período quente contínuo, estações pouco marcadas ou inexistentes, que corresponde à zona de florestas exuberantes, com grande variedade de espécies, ricas em lianas e epífitas - sul da Bahia e norte do Espírito Santo.

A distribuição destes climas na área é apresentada na fig. 4.11.

4.2.8 Balanço Hídrico

Foram calculados, pelo método de Thornthwait, os balanços hídricos para duas estações da área: Governador Valadares e Colatina. O confronto dos resultados da evaporação real anual conseguidos por este método, com aqueles obtidos através de fórmula de TURC, indica uma aproximação bastante boa:

	TURC	Thornthwait
Governador Valadares	877	908
Colatina	829	924

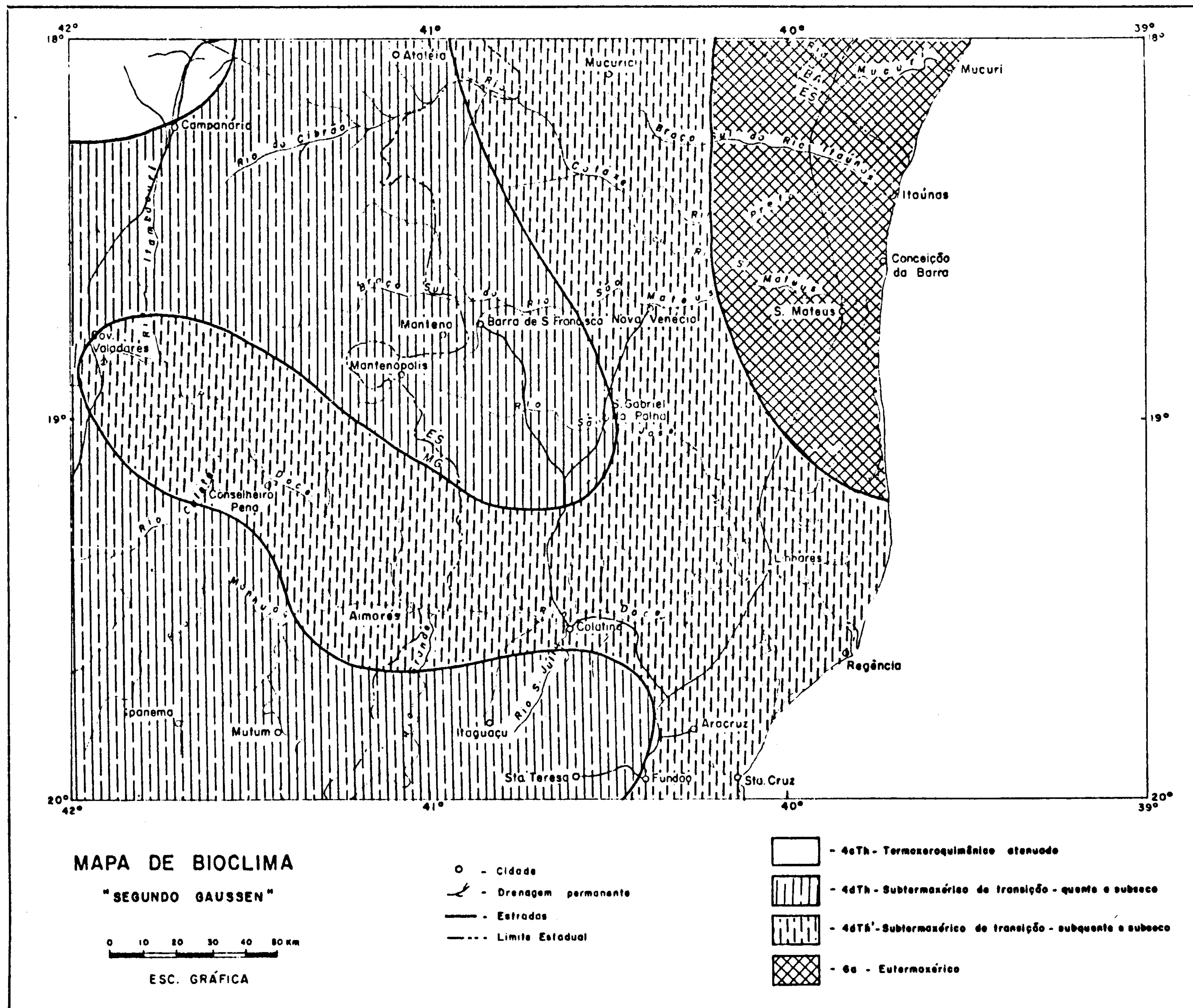


Fig. 4.11

Para a estação de Governador Valadares verifica-se (Quadro 4.11 e fig. 4.12a) que há déficit nos meses de maio a outubro. A reserva útil do solo é suficiente de novembro a abril, havendo excesso em dezembro e janeiro de, respectivamente, 68 e 31 mm. Verifica-se ainda que a ETr corresponde a 90% da pluviometria e a 68% da ETp.

Para Colatina (Quadro 4.12 e fig. 4.12b) a situação de déficit corresponde aos meses de abril a outubro, enquanto de novembro a março a reserva útil é suficiente, havendo excesso d'água de 10 mm no mês de janeiro apenas. A ETr corresponde a 98,9% da pluviometria (P) e a 71,6% da ETp.

4.3 Elementos de Hidrologia de Superfície

4.3.1 Escoamento Superficial

A drenagem superficial da área é predominantemente paralela a retangular em sua metade litorânea e dendrítica a retangular na metade interiorana.

Os rios Doce, São Mateus e Itaúnas são os principais drenos. As bacias destes rios ocupam, respectivamente, 50,8%, 33,1%, 8,2% da área continental da folha. Os restantes 7,9% são ocupados pelas bacias do rio Mucuri, 1,2%, e outras de rios menores como o Ipiranga, Piraquê-Açu, Riacho e córregos que desaguam diretamente no mar, com 6,7% da área.

Excetuando o rio Doce, que já chega ao Espírito Santo relativamente caudaloso e adentra esse Estado por sua última cachoeira (mais propriamente uma forte corredeira a montante de Baixo Guandu), todos os demais têm de descer de maneira rápida das cabeceiras até a foz. Quando

BALANÇO HÍDRICO PARA GOVERNADOR VALADARES

PARÂMETROS	. M E S E S												TOTAL
	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	
PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA - P	145	105	117	79	24	13	9	5	26	96	151	237	1007
EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL - Etp	114	126	123	118	94	89	91	104	131	120	113	107	1330
P - Etp	31	-21	-6	-39	-70	-76	-82	-99	-105	-24	38	130	-323
EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL - ETr	114	126	123	118	58	13	9	5	26	96	113	107	908
RESERVA ÚTIL	100	79	73	34	0	0	0	0	0	0	38	100	424
DÉFICIT	-	-	-	-	36	76	82	99	105	24	-	-	422
EXCESSO	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68	99

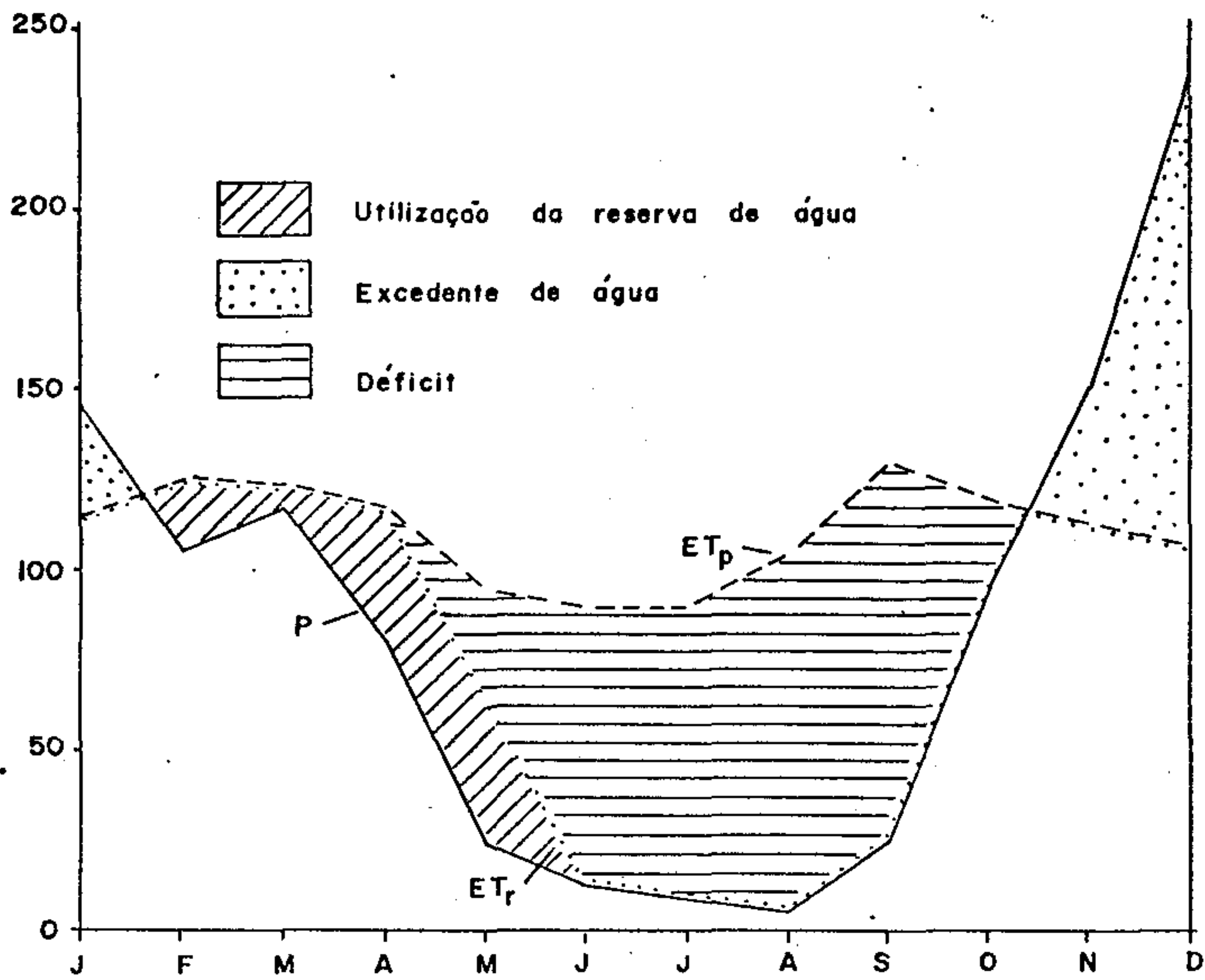
QUADRO: 4.11

BALANÇO HÍDRICO PARA COLATINA

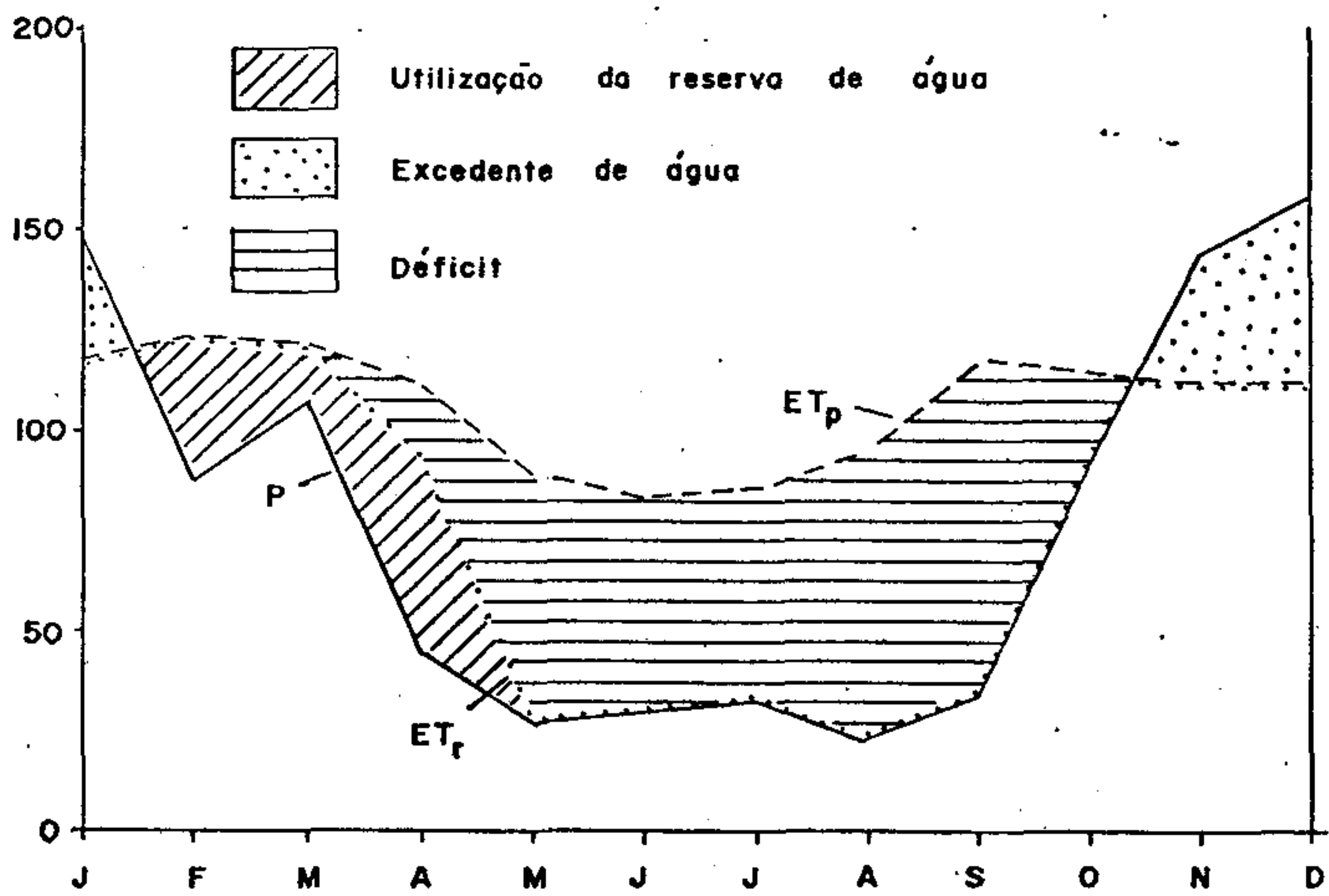
PARÂMETROS	M E S E S												TOTAL
	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	
PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA - P	148	87	108	45	28	30	32	23	34	95	145	159	934
EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL - Etp	117	124	122	112	90	84	86	96	119	115	113	112	1290
P - Etp	31	-37	-14	-67	-62	-54	-54	-73	-85	-20	32	47	-356
EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL - ETr	117	124	122	94	28	30	32	23	34	95	113	112	924
RESERVA ÚTIL	100	63	49	0	0	0	0	0	0	0	32	79	323
DÉFICIT	-	-	-	18	62	54	54	73	85	20	-	-	366
EXCESSO	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10

QUADRO: 4.12

BALANÇO HÍDRICO



a) Governador Valadares



b) Colatina

começam a constituir massa de água de volume apreciável, já atingiram pequena altitude. É inclusive a alimentação proveniente dos sedimentos da planície que garante a manutenção dos grandes volumes d'água, nos baixos cursos desses rios. O rio Itaúnas, por exemplo, de bacia relativamente pequena, quase totalmente implantada sobre sedimentos, não oferece outra justificativa para seu elevado volume, senão a contribuição do escoamento subterrâneo. Suas águas límpidas (mesmo em período chuvoso) transbordam de seu leito natural, inundando todo o fundo chato do vale que o contém, em época bem distante do período chuvoso. Justifica-se pois o lamento de Cícero Moraes: "Não nos faltam cachoeiras, mas a estas falta volume d'água", explicando o baixo potencial hidroenergético do Espírito Santo, cuja maior hidrelétrica é a de Mascarenhas (150.000 kw), no rio Doce, onde a barragem é que cria artificialmente a queda necessária.

A fig. 4.13 mostra o posicionamento das diversas bacias hidrográficas da área.

- 1 - Bacia do Mucuri - Em sua forma é uma miniatura da do rio Doce. O rio Mucuri afasta-se pouco do Atlântico, já que está envolvido e comprimido pelas bacias do Doce e do Jequitinhonha. O baixo Mucuri, de Nanuque até a foz, tem uma bacia tão estreita que, praticamente, se resume no curso do próprio rio e suas margens. O rio entra na área segundo a direção S 40°E e toma, a seguir, rumo W-E até o mar, percorrendo aí cerca de 100 km, em planície. No âmbito da folha a bacia ocupa 685 km² e, aí, só recebe um afluente citável: O Mucurizinho, pela margem esquerda, já próximo à foz. Há estação pluviométrica desta bacia, na folha, mas os

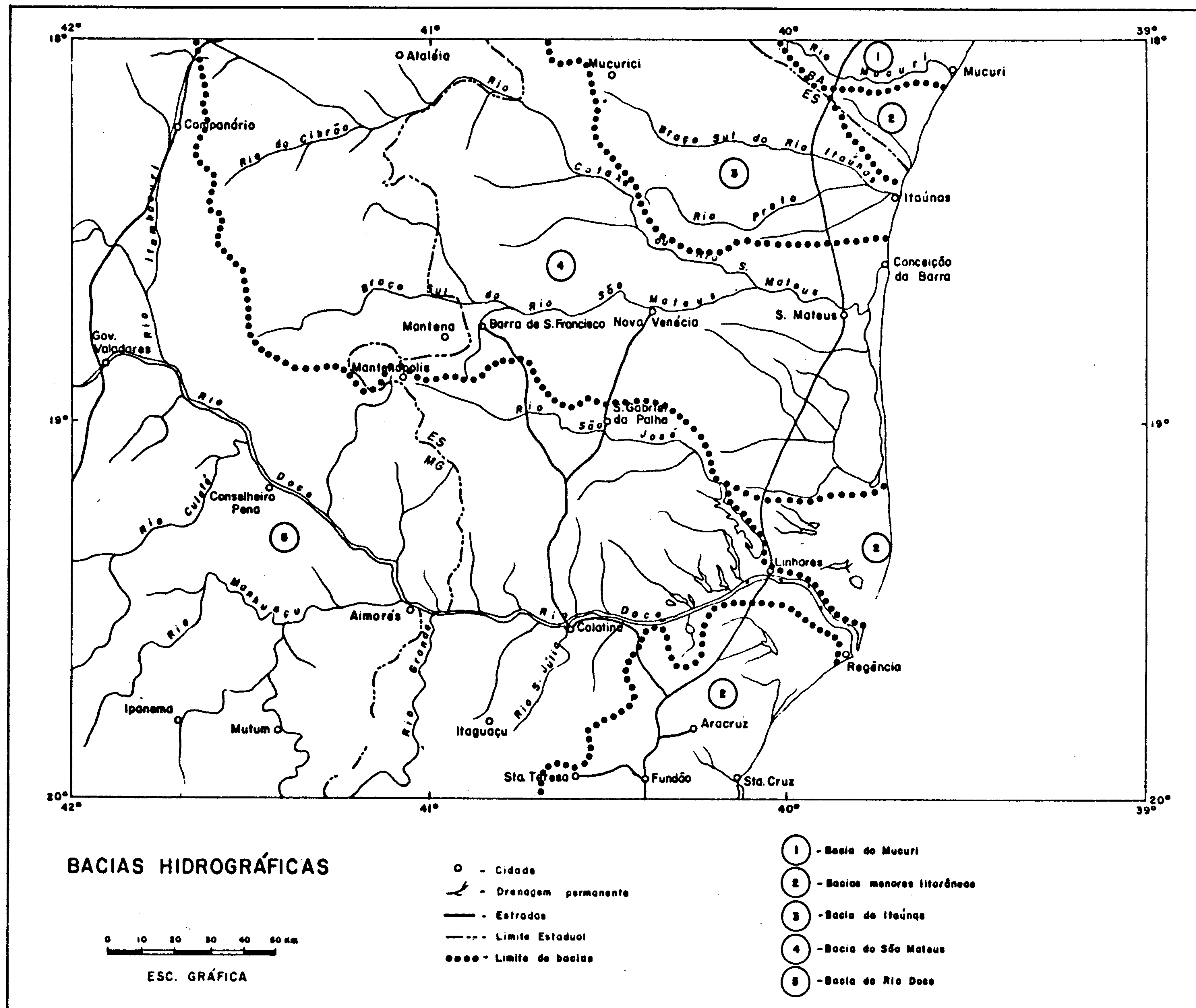


Fig.4.13

dados disponíveis não oferecem a confiabilidade de seável. Deles extraímos apenas a descarga média mínima de $30 \text{ m}^3/\text{s}$ e a máxima de $120 \text{ m}^3/\text{s}$.

- 2 - Bacias Menores - Nestas, ocupando cerca de 3.150 km^2 , ou 6,7% da área, estão englobadas as bacias dos rios Ipiranga, que corre paralelamente à costa, até curvar-se e desembocar no mar, na localidade de Barra Seca; do Piraquê-Açu, do Sal, da Prata e o Riacho com seu afluente principal, o Comboios, paralelo à costa, a SE da folha. E, no Estado da Bahia, ao sul do Mucuri, temos três córregos independentes: o Barra Nova, das Ostras e Braço Norte do Riacho Doce, que correm perpendicularmente para o mar. Há notícia de estações novas em algumas destas bacias, como Piraquê-Açu e Riacho mas os dados são ainda insuficientes.
- 3 - Bacia do Itaúnas - Trata-se de uma bacia relativamente pequena, cujos tributários têm sua origem nas colinas do Espírito Santo, região de Montanha. Ocupa cerca de 4.236 km^2 e a direção predominante dos cursos é SE. Seus tributários principais são: Braço Norte e Braço Sul do Rio Itaúnas, e Santo Antônio, Itauninhas ou Preto e Jundiá, pela margem direita. Desemboca na região de dunas, da localidade de Itaúnas.
- 4 - Bacia do São Mateus - O rio São Mateus tem suas cabeceiras no Estado de Minas Gerais, região de Mendes Pimentel, de onde segue para o Espírito Santo, descendo a serra da Safira, até lançar-se no Atlântico, em curiosa desembocadura dupla, em Conceição da Barra e Barra Nova, cerca de 40 km uma da outra.

Este rio, antigo Cricaré, é bastante encachoeirado, assim como seus tributários, até a altura de Nova Venécia e Boa Esperança, onde atinge a planície terciária. Nos seus cerca de 310 km de percurso, recebe como principais afluentes, pela margem direita, os rios Barra Seca, Preto e São Francisco; e, pela margem esquerda, os rios Santa Cruz, Paraju, Cotaxé, Quinze de Novembro e Dois de Setembro. A área total da bacia na folha é de 17.027 km².

- 5 - Bacia do Rio Doce - Ocupa cerca de 26.157 km², ou sejam, 50,8% da área, onde o curso do rio apresenta três direções predominantes: de Governador Valadares até Conselheiro Pena, S30°E. Daí até Baixo Guandu, S50°E. Daí até Linhares W-E, e volta à direção inicial, até Regência, sua foz. Na parte mineira da área o rio Doce apresenta declividade média de 1 m em 2 km; corre sobre rochas graníticas, tonalitos e xisto; tem fundo pedregoso, ilhas inundáveis e largura de 80 a 600 m. A largura das aluviões varia de 1 km até nula. Os afluentes da margem direita são os rios Cuieté e Manhuaçu, ambos de direção SW-NE, e que alcançaram, em época pretérita, um estágio avançado de evolução, com cursos meandrosos, vales largos, meandros abandonados e intenso processo de agradação. Atualmente, estes rios estão em fase de rejuvenescimento, com forte encaixe nas aluviões antigas e encachoeiramento. A rede de tributários é dendrítica onde não há controle litológico; e retangular onde o aleitamento dos quartzitos e sistemas de juntas assim determinam. Pela margem esquerda, a rede é dendrítica e os a

fluentes são mais curtos. O único rio de expressão é o Suaçui Grande que corre de norte para sul, em região rebaixada, com depressões lacustres regularizadoras das águas fluviais.

No Espírito Santo o rio Doce tem declividade menor: 1 m por 3 km. A juzante de Colatina atinge a planície litorânea, tornando-se mais largo e apresentando inúmeras ilhas. A bacia, entretanto, vai se afinando e torna-se coalhada de importantes lagoas, dentre as quais sobressai a Juparanã, ao norte de Linhares, formada pelo rio São José, que é o principal afluente da margem esquerda. Além deste, cita-se, também nessa margem, o rio Pancas. Pela margem direita, correndo todos de sul para norte, aparecem os rios Guandu, Santa Joana e Santa Júlia.

A fig. 4.14 mostra as descargas máximas, médias

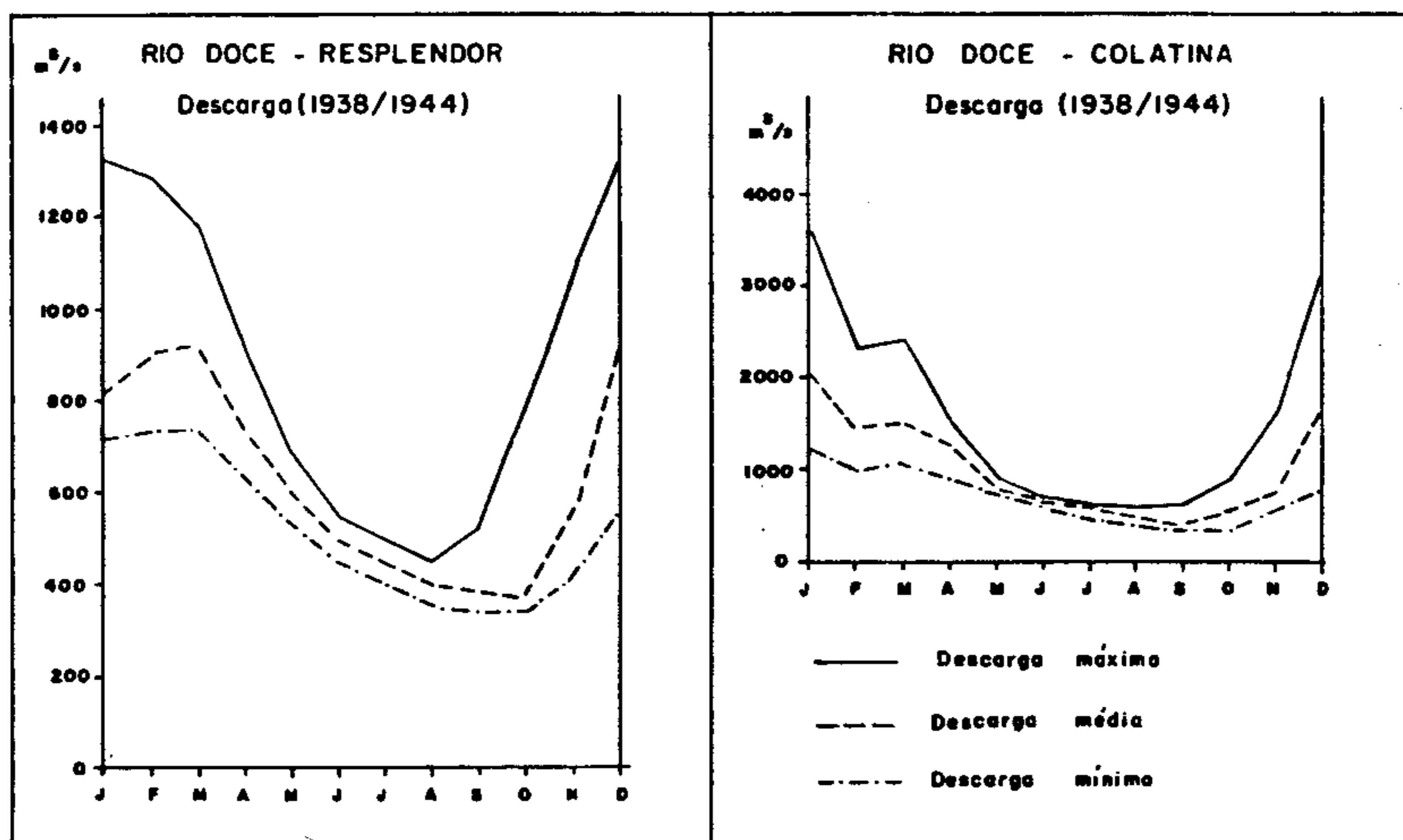


Fig. 4.14

e mínimas no período de 1938 a 1944, para os postos de Resplendor e Colatina, segundo o IBGE.

Para o posto Resplendor a cheia tem lugar na época das chuvas, mas prolonga-se pouco além, e nas altas águas aparece uma razoável diminuição no débito médio. Se ocorresse somente a primeira circunstância o regime seria tropical típico, mas com um máximo após o "inverno" ele teria que ser incluído entre os rios de regime tropical pouco retardado. O gráfico acusa, durante o período dos mais fortes débitos, um mês no qual a descarga sofre uma razoável diminuição, o que é suficiente para destacar dois máximos: um em dezembro, em pleno período de chuvas abundantes, e outro em março, quando já é nítido o fim do "inverno". O primeiro é consequência do escoamento rápido motivado pela energia do relevo em várias partes da bacia de drenagem, e o segundo, das condições de boa armazenagem em outros setores de vales amplos com lagoas interiores.

Em Colatina a época das precipitações máximas é antecipada de um mês (out., nov. e dez.), o que faz sugerir-se para o baixo rio Doce uma transição do regime subequatorial para o tropical.

O processo de transgressão marinha do fim do Terciário trouxe a linha litorânea até as proximidades do meridiano $40^{\circ}15'$ WGr, com um recuo médio de 30 km na área do rio Doce. No Quaternário, entretanto, uma regressão restabeleceu a posição anterior do litoral. No trecho entre a barra do Riacho e a foz do riacho Doce formou-se, ao longo do litoral, uma linha de recifes de arenito, coindente com a atual linha da costa, delimitando uma extensa laguna de cerca de 25 km de largura média e comprimento de 174 km. Esta grande laguna está hoje quase totalmente aterrada, transformada em uma planície alagadiça, envolvendo ainda várias

lagoas de importância como: Suruaca e Monsarás com cerca de 10 km² cada uma, e ainda a Bonita, a Cupido, a Pau-Atravessado. Estas e outras lagoas de maior importância serão tratadas com maior detalhe no item 4.4 - Morfologia.

Cumprе assinalar aqui que, dentre as várias transformações pelas quais vem passando a região, notadamente nesta última década, uma afetou diretamente a planície alagadiça acima referida. Trata-se da gigantesca obra do DNOS, de rasgar essa planície por extensos e profundos drenos. Isto, aliado ao desmatamento sistemático, teve como reflexo imediato, o rebaixamento do nível freático em, pelo menos, 3m, para desespero dos cacauicultores, que tinham naquele ambiente úmido, abafado e sombrio, as condições ideais para seu mister; e gáudio dos pecuaristas que, imediatamente, lançaram aí suas fazendas dotadas de magníficos campos de pastagens.

O cordão de recifes formava uma linha contínua que teria algumas aberturas ou pontos baixos por onde passaram os rios atuais e foram aperfeiçoando seu trajeto e formando estuários de pequena profundidade. Essas aberturas são a Barra da Guaxindiba (foz do Itaúnas), e barra do São Mateus, a do rio Doce e a do Riacho. Não houve abertura para o riacho Doce (divisa ES/Ba). Este pequeno curso d'água é represado na sua foz pelo cordão de arenito e se lança na praia por uma pequena cascata. Igualmente para o rio Ipiranga não se pode falar em abertura. Ele corre entre dois cordões paralelos até que o externo sofra uma solução de continuidade para ocorrer a foz. Assim os rios da região tiveram que conformar seus baixos cursos a essas circunstâncias. Os rios São Mateus e Itaúnas, correndo paralelamente de oeste para leste, a cerca de 40 km um do outro, tiveram

que "procurar" lugares viáveis para suas barras: O Itaúnas, depois de chegar a 500 m do mar, volta-se em ângulo reto para o sul e percorre 16 km até a barra. O São Mateus, depois de vir até 4 km do litoral, curva-se para o norte e percorre sinuosamente 21 km (12 em linha reta) para desembocar no oceano a 6 km do vizinho, após ter passado a 3 km dele. Com o riacho Doce e seu afluente Comboios ocorre situação idêntica. O rio Doce, mercê de seu porte, teve mais facilidade: depois de voltar-se em ângulo reto para o sul, bastaram-lhe 6 km para romper a barreira. Toda a linha de recifes está coberta de areia, com exceções de pequena extensão, na foz do riacho Doce, na altura da vila de Itaúnas, em frente à Barra.Nova e nas proximidades de Santa Cruz.

4.3.2 Estudo das Recessões

A recessão constitui um elemento de grande interesse no estudo hidrogeológico regional já que retrata o mecanismo de esvaziamento dos aquíferos em favor do suprimento dos rios no período de estiagem. A hidrógrafa representa a distribuição da corrente total que passa por uma estação fluviométrica. Em um dado momento esta corrente se compõe de três parcelas: a corrente direta, a corrente hipodérmica e a corrente subterrânea. É praticamente impossível se parar estas três componentes em curvas específicas. Há, entretanto, procedimentos empíricos capazes de fornecer conclusões bastante satisfatórias. Passado o pico máximo do hidrograma, que sem dúvida indica a presença das três componentes, inicia-se a caída da curva. Decorrido certo tempo se anulam primeiro a corrente direta e depois a hipodérmica. Resta então uma reduzida descarga que é mantida pelos mananciais subterrâneos. A esta altura a curva representa a di

minuição da água armazenada nos aquíferos.

O processo físico que rege essa liberação da água subterrânea segue uma lei exponencial da forma:

$$Q_t = Q_0 \cdot e^{-\alpha t}$$

Q_t = descarga em m^3/s no tempo t

Q_0 = descarga em m^3/s no início da recessão

t = tempo, em dias, que separa essas duas descargas

α = coeficiente de recessão.

Lamentavelmente, do grande número de postos fluviométricos e pluviométricos existentes, poucos são os que oferecem a confiabilidade necessária ao estudo acurado das recessões. Postos muito antigos e deficientes na instalação e locação, postos muito novos com período de observação insuficiente, lacunas e imprecisão de leituras, incerteza da validade das relações alturas-descargas e até influência do efeito de maré, deixam um saldo muito baixo de dados consistentes.

Diante disto, elegeu-se, na principal bacia da região, a do rio Doce, dois postos bastante representativos: o de Colatina, que marca o fim da bacia de drenagem sobre o Cristalino; e o de Linhares já sobre os sedimentos.

Os gráficos das figs. 4.15 e 4.16 mostram as hidrógrafas de Colatina e Linhares, num período de 5 anos, dos quais se obtiveram os valores de α e Q_0 constantes dos quadros 4.13 e 4.14 abaixo:

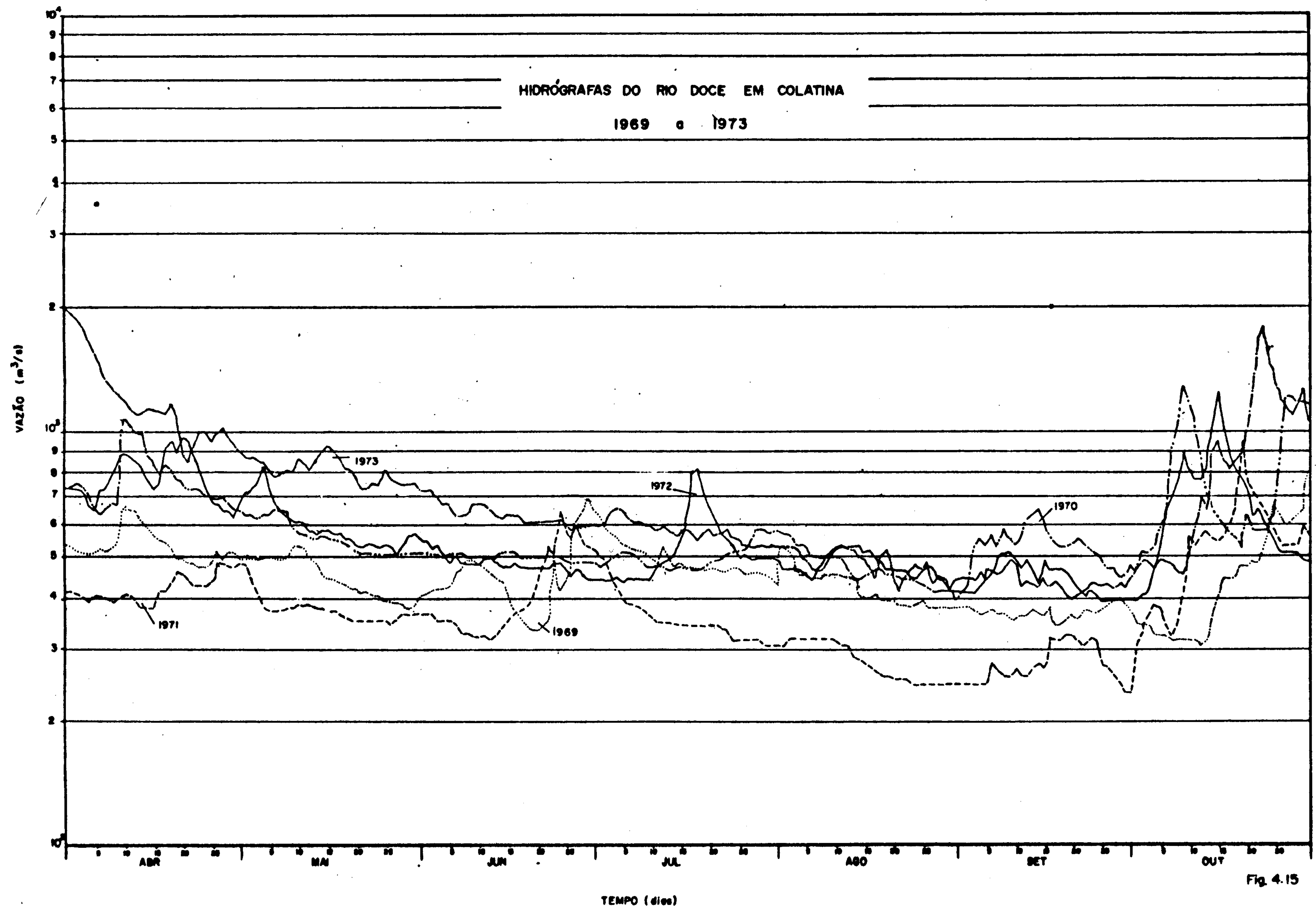
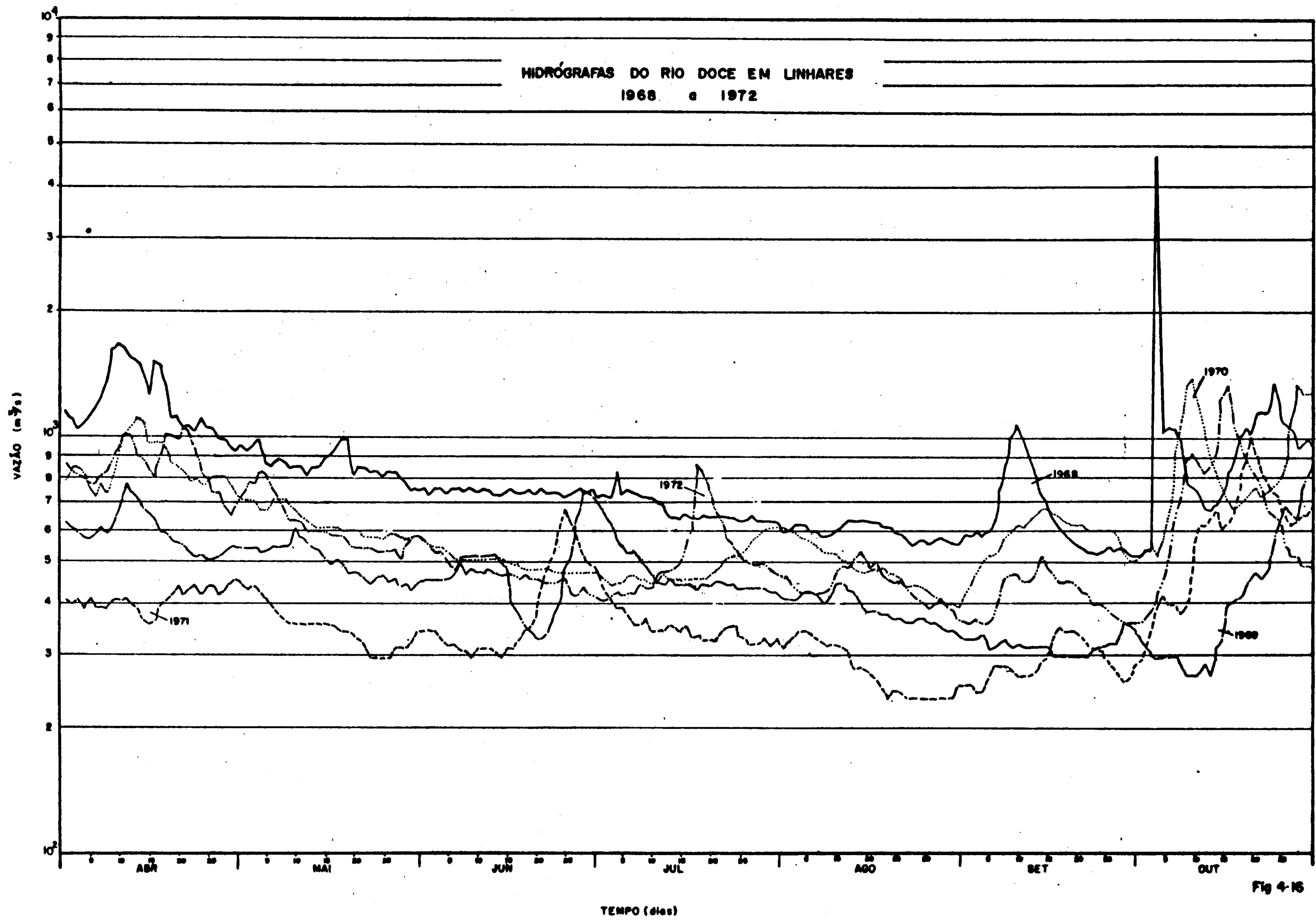


Fig. 4.15



VALORES DO COEFICIENTE DE RECESSÃO

POSTO	COEFICIENTE DE RECESSÃO						Médio
	1968	1969	1970	1971	1972	1973	
COLATINA	---	0,0045	0,0076	0,0079	0,0071	0,0074	0,0064
LINHARES	0,0076	0,0051	0,0063	0,0067	0,0070	---	0,0065

QUADRO : 4.13

VALORES DE DESCARGA MÍNIMA

POSTO	VALORES DE Q_0 em m^3/s						Médio
	1968	1969	1970	1971	1972	1973	
COLATINA	---	673,5	831,5	563,0	807,0	1083,0	791,6
LINHARES	1522,0	753,5	1117,0	663,0	911,0	---	993,3

QUADRO: 4.14

O volume restituído (V_r) é dado por:

$$V_r = \frac{Q_o \times 86.400}{\alpha}$$

onde,

Q_o = vazão inicial média do recesso (m^3/s)

α = coeficiente do recesso (médio)

V_r = volume médio restituído por ano
(m^3/s)

Assim, temos:

Colatina -

$$V_r = \frac{791,6 \times 86.400}{0,0064} \approx 10,69 \times 10^9 \text{ m}^3$$

Linhares -

$$V_r = \frac{993,3 \times 86.400}{0,0065} \approx 13,20 \times 10^9 \text{ m}^3$$

Considerando a pluviometria média anual regional, de 1.080 mm, e as áreas das bacias de drenagem, de 82.388 km^2 para Linhares e 76.616 km^2 para Colatina, chega-se aos seguintes volumes médios precipitados anualmente:

$$\text{Colatina} - V = 82,7 \times 10^9 \text{ m}^3$$

$$\text{Linhares} - V = 89 \times 10^9 \text{ m}^3$$

A comparação destes resultados mostra que a recessão corresponde a 14,8% do volume precipitado em Linha

res, e a 12,9% em Colatina - o que era esperado, tendo em vista as condições dos postos escolhidos: o de Colatina, a montante, representando uma bacia inteiramente no Cristalino, e o de Linhares, a cerca 120 km a jusante, 90 dos quais em sedimentos. O acréscimo do volume restituído numa distância relativamente curta comprova a contribuição efetivamente maior dos aquíferos granulares.

4.4 Morfologia

Duas unidades morfológicas bem distintas integram o relevo da parte espiritosantense da folha: a baixada litorânea e a serra. A baixada, que é tanto mais extensa quanto mais se avança para o norte, consiste de vasto terraço litorâneo com altitudes de 40 a 50 metros, chegando a 80 metros mais ao norte, representante do Grupo Barreiras. Além desses tabuleiros encontram-se planícies quaternárias desenvolvendo-se ao nível do mar, abaixo portanto, dos tabuleiros e alguns maciços e morros cristalinos (granito-gnáissicos) que as dominam. Constituem-nas antigas rias colmatadas por depósitos recentes e formações deltaicas, semeadas de pântanos e lagos de barragem (embocadura do São Mateus). O mais importante delta é o do rio Doce, onde se encontra a famosa lagoa de Juparanã.

Esta lagoa é a maior de todas, com cerca de 60 km², mas não é a mais profunda. Seu fundo é notavelmente horizontal caracterizando bem os vales de fundo chato da área. Chega a 13 m de profundidade, enquanto outras, de fundo irregular, alcançam maiores profundidades, como a das Palmas, que vai a 47 m. A Juparanã tem, logicamente, maior espessura sedimentar que as demais, dada a abundância do

material carregado pelos rios que nela desaguardam. A origem desses lagos, ditos de barragem, data do fim do Pleistoceno, quando o mar esteve cerca de 100 a 120 metros abaixo do nível atual. Os vales que se formaram então, foram sendo barrados por depósitos fluviais à medida que se processava a transgressão flandriana, cuja culminância completou o atulhamento da foz dos principais rios e tributários. Nesse grupo, além das duas já citadas, estão ainda: Lagoa Nova, Palminhas, Aguiar, Aviso, Braz, Durão, de Dentro e do Óleo. As demais, menores e mais rasas, pertencem ao grupo de lagoas costeiras, já abordado no item referente ao escoamento superficial.

A segunda unidade é a serra, que na folha está representada pela região de Santa Teresa. De longe ou do alto tem o aspecto de um planalto com 700 m de altitude. A observação a menor distância, porém, revela uma superfície profundamente recortada por vales, por onde descem rios encachoeirados. Ao norte do rio Doce, o planalto se afasta da costa e é precedido por uma faixa de terrenos cristalinos rebaixados, de relevo movimentado. Aí se destacam alinhamentos de pontões rochosos, localmente chamados de serras (serra do Pancas, do Cunha etc.).

Para o setor mineiro da folha temos um relevo policíclico e diferencial, isto é, estabelecido em várias fases e sobre rochas de vários graus de resistência ao intemperismo e erosão. Os aspectos morfológicos mais salientes, função das diferentes unidades litológicas, são:

Terraços Nivelados - representados pelos vales dos principais cursos d'água.

Morros Arredondados - granitos, gnaisses etc. em forma de meia laranja.

Bacias Niveladas - em forma de anfiteatros em gnaisses.

Escarpas Lineares - modeladas em quartzitos, como na serra do João Pinto, com cotas superiores a 900 m, e rochas graníticas.

Pães-de-Açúcar - nos granitóides de toda a área a noroeste da folha. São aquelas elevações de forma dômica, tendendo para uma simetria em torno de um eixo vertical, de encostas íngremes e rochosas. Desenvolvem-se em grupos, sendo raros isoladamente e raros também os que não se constituem de apenas um tipo de rocha. Aqui eles são predominantemente tonalíticos, apresentam altitudes de cerca de 400 m, com rampa média de 50° e drenagem radial. Têm sopé coberto por talus, entre cujos blocos existe solo, que geralmente, sustém um cinturão de mata. Têm diaclasamento insignificante e se esfoliam concentricamente, fatos estes, que são inclusive invocados na formulação de seu processo genético. Eles são uma feição topográfica atual e os processos de intemperismo e erosão tendem a acentuar suas principais características.

Os Ciclos de Erosão - a natureza policíclica da região é denunciada pela presença, em toda a área, de níveis antigos de erosão, agora situados em altitudes variáveis. A topografia é composta e o alinhamento dos topos dos morros, em níveis diversos, é facilmente percebido.

As feições morfológicas da região oriental do

Brasil são função de ciclos de desnudação, desenvolvidos de modo que cada um abarca as formas esculpidas pelo anterior e é, ele próprio, recoberto pelo novo modelado de seu sucessor. (L.King 1956).

Na região estudada, o ciclo mais antigo a cha-se representado por cristas truncadas, com elevações de topo coincidentes sobre as cristas, a altitudes superiores a 800 m. As rochas aonde ainda se podem observar estas cristas truncadas do ciclo Sulamericano, são os quartzitos, como na serra do João Pinto.

Os ciclos posteriores entalharam vales que destruíram a peneplanície Sulamericana. Os topos dos pães-de-açúcar e as escarpas lineares modeladas em rochas graníticas, representam o nível da superfície Velhas. Sua altitude está entre os 400 e 600 m.

O terceiro ciclo é o Paraguaçu, que tem, aí 2 fases: uma representada por morros arredondados graníticos e espigões de xistos, de altitudes entre 200 e 300m; e outra representada já por formações aluvionares consolidadas dos 120 m de altitude. Os gnaisses aplainados, às vezes recobertos por depósitos colúvio-aluvionares, logo acima dos cursos d'água, são a superfície mais baixa dessa primeira fase do ciclo Paraguaçu. A região está presentemente sofrendo um soerguimento global, que submete essa primeira fase do Paraguaçu a um processo de dissecação. Assim, o rio Doce e seus tributários apresentam corredeiras e cachoeiras em progresso e cortam profundamente as aluviões.

A seguir apresentamos, na fig. 4.17, um mapa geomorfológico, preparado com base no estudo efetuado em 1977, pela equipe do Instituto de Geociências Aplicadas, comandada pelo professor David Márcio Santos Rodrigues.

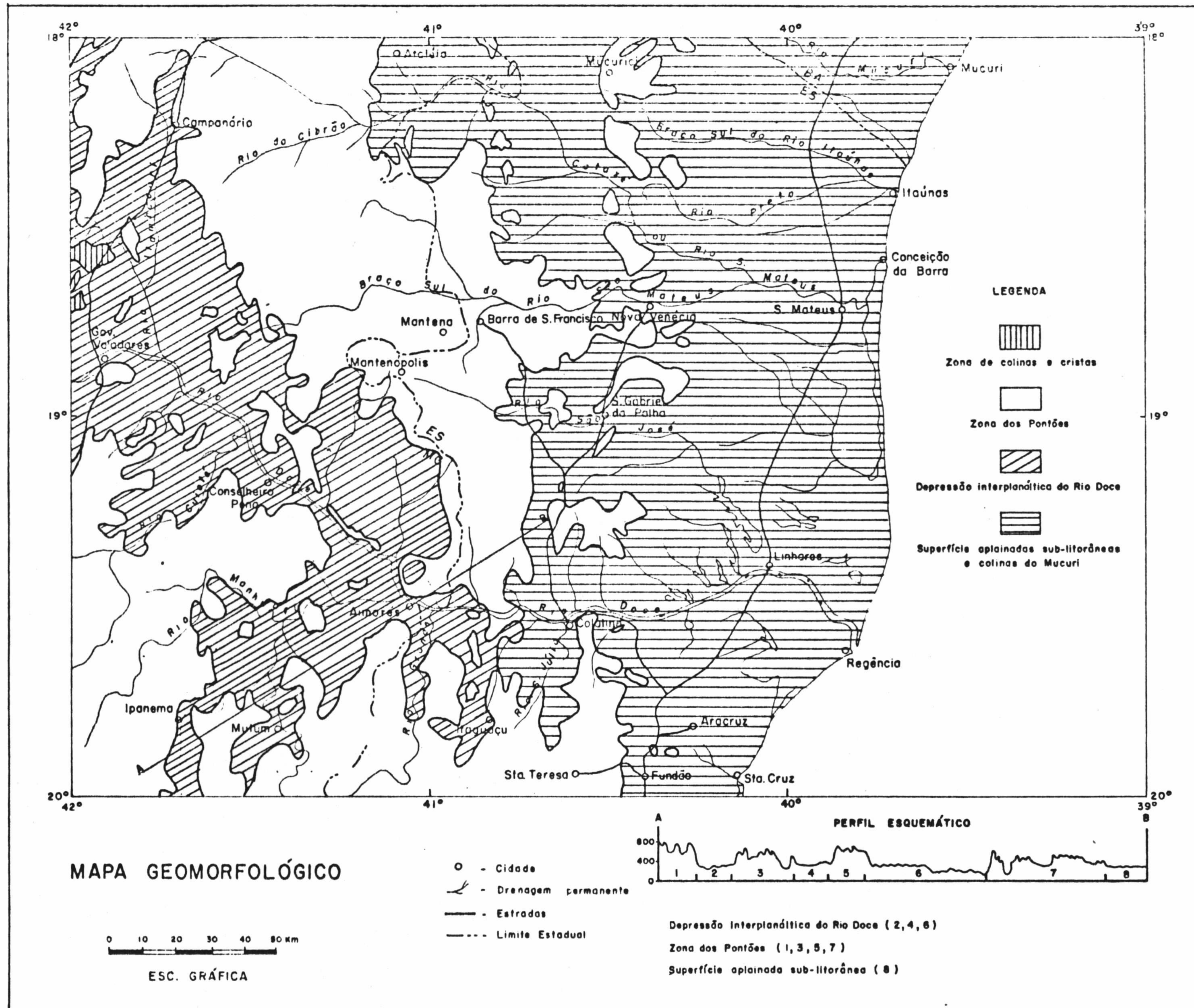


Fig. 4.17

Nele estão propostas para a área quatro unida
des geomorfológicas:

- a) Zona de Colinas e Cristas - Conjunto de formas de relevo evoluídas por processos de dissecação fluvial sobre o embasamento granito-gnáissico, predominante mente, com áreas de concentração de cristas estrutu rais elaboradas sobre quartzitos.
- b) Zonas dos Pontões - Áreas caracterizadas por numero sas ocorrências de formas de relevo evoluídas por processos de erosão diferencial e descamação concên trica sobre rochas predominantemente granito- gnáissicas.
- c) Depressão Interplanáltica do Rio Doce - Área de colinas, interflúvios tabulares e vales colmatados, situada ao longo do vale do rio Doce, originada da dissecação fluvial de superfícies aplainadas. Depressão erosiva elaborada sobre o embasamento gra nito-gnáissico, com nítida orientação estrutural em seu trecho médio e evolução condicionada por movi mentos epirogenéticos pós-cretáceos.
- d) Colinas do Mucuri e Superfícies Aplainadas Sub litorâneas - Colinas e interflúvios tabulares da bacia do Mucuri, originadas da dissecação de exten sa superfície de aplainamentos cujos trechos me lhor preservados encontram-se em áreas sublitorâ neas. Formas de relevo elaboradas sobre o embasamento granito-gnáissico, com depósitos de cobertura.

4.5 Solo e Vegetação

Quando se fala de formações vegetais da região, quer-se apenas indicar, em linhas gerais, como seria a vegetação original, isto é, antes da ocupação humana que vem se processando desde a época do descobrimento. Também quanto aos solos o que se tenta é determinar sua vocação para um melhor aproveitamento.

A estrutura vegetal é muito variável e mal conhecida. Um estudo pormenorizado hoje, seria dificultado, inclusive, pela inexistência das condições originais. Apenas alguns locais de difícil acesso, preservam atualmente a exuberância florestal que distinguia a região. Nem mesmo as reservas florestais, como as de Nova Lombardia, Sooretama e Córrego do Veado, existentes no âmbito da folha, estão livres da sanha devastadora. A mata em sua quase totalidade, foi sacrificada em proveito da indústria madeireira, do carvoejamento e da agricultura, que em muitas áreas, também já foi substituída por pastagens ou carrascais, tão logo as terras perderam sua fertilidade natural. Para se ter uma idéia da modificação experimentada pela vegetação, frise-se que a área faz parte de uma região que à época do descobrimento do Brasil, tinha 90% de seu território revestido de florestas. Em 1959 esta percentagem já era de 30% e, em 1967, atingia a 12,6%. Daí para cá o quadro piorou, já que a indústria madeireira atingiu seu apogeu, a siderurgia aumentou sua avidez pelo carvão vegetal e a agricultura e pecuária estão em franco progresso. O reflorestamento que, em verdade, se faz, não modifica o panorama, já que nada tem a ver com as condições preexistentes e é apenas temporário.

Adotaremos para a vegetação, uma classificação generalizada, que apenas a relacione com o clima, o relevo e a litologia, que é o que interessa a este trabalho.

Três tipos de vegetação ocupam a área dispon

do-se em faixas paralelas ao litoral:

Floresta subcaducifólia tropical.

Floresta perenifólia hidrófila costeira.

Vegetação litorânea.

O primeiro tipo, de mais ampla ocorrência na área, aparece em toda a parte oriental de Minas Gerais e ocidental do Espírito Santo. Denominada por Azevedo (1959) de "Floresta Latifoliada Tropical" e por Lima (1966) de "Floresta Estacional Tropical Pluvial" essa floresta, também denominada de "Mata Mesófila", é mais aberta que o segundo tipo acima citado, e nela, a fácil penetração da luz solar favorece o aparecimento de estratos inferiores. O estrato principal é constituído de árvores que atingem até cerca de 25 m e o segundo estrato, ainda arbóreo, apresenta elementos que alcançam 12 a 15 m. Os componentes são de troncos finos e folhas decíduas. Entre as espécies existentes destacam-se a peróba, o cedro, jatobá, canela, araribá e a paineira.

O segundo tipo ocorre desde o norte do Espírito Santo até o limite sul da folha, em faixa mais ou menos paralela à vegetação costeira, chegando até a costa, inclusive, quando a escarpa até aí se prolonga. Denominada Floresta Latifoliada Tropical Úmida da Encosta, Azevedo (1959) ou Formação de Encosta Atlântica, Magnanini (1965), tem uma fisionomia alta e densa, de espécies pertencentes a várias formas biológicas e estratos, dos quais os inferiores vivem em um ambiente sombrio e úmido, sempre dependentes do estrato superior. O grande número de lianas, epífitas, fetos arbóreos e palmeiras dá a esta floresta um caráter tipicamente tropical. Os elementos mais altos podem alcançar os 30m. O solo é desnudo e o ambiente sombrio, o que faz o estrato in

ferior ser pobre em espécies. No norte do Espírito Santo é na zona dos tabuleiros que essa floresta se apresenta com as pecto mais pujante. Há nesta área fortes traços estruturais e florísticos semelhantes à hiléia amazônica.

O terceiro tipo é a "Vegetação Litorânea", que ocorre em faixa de largura variável e quase contínua ao lon go do litoral, composta de diferentes formações como a vege tação das praias, dunas, restingas e manguezais. Esta vege tação da faixa arenosa enfrenta problemas de instalações em virtude das condições desfavoráveis ditadas pela natureza dos solos, pela ação dos ventos, vagas e meio salobro. Só os vegetais dotados de adaptações convenientes conseguem sobre viver. Na vegetação das prais, de porte herbáceo, temos es pécies como: capim-da-praia, salsa-da-praia, pinheiro da praia etc. Nas dunas temos fava-da-praia, pitangueira etc. Nas restingas temos o pau-tamanco, mulungu do brejo, ingá, jenipapo etc. A ocupação humana através de loteamentos de balneários, sítios etc, tem provocado a devastação da vege tação de restinga, em escala tão rápida ou maior que nas florestas do tabuleiros. Nos mangues temos o mangue - verme lho, siriúba, algodão-da-praia, samambaia etc. A ação devas tadora dos tiradores de lenha é o principal inimigo desta vegetação, que tem papel importante como retificadora da zo na litorânea, já que suas raízes entrelaçadas e as raízes respiratórias contribuem para a redução da velocidade das águas pluviais nas margens e desembocadura dos cursos d'água.

Quanto aos solos adotamos também uma classifi cação que, genericamente, relaciona-os com os fatores litoló gico, climático e vegetal. Por ela podemos definir para a área três tipos de solos, aqui tratados de associações:

- Associação de solos relacionados com a vegetação li

torânea.

- Associação de solos relacionados com o Grupo Barreiras.
- Associação de solos relacionados com a floresta tropical leste.

À primeira associação correspondem os depósitos arenosos das faixas costeiras, concordando com a zona da vegetação litorânea. Incluem-se nesta associação, alguns solos orgânicos costeiros que ocorrem onde não há influência de águas salinas, e também, os solos aluviais dos deltas dos rios Doce e São Mateus.

Na associação de solos relacionados ao Grupo Barreiras a solo dominante é o latossolo vermelho-amarelo, fase terraço, textura média, com menos de 35% de argila e espessura variando entre 1 e 2 m. Ocupa o topo dos tabuleiros e baixos que integram as áreas de distribuição do Barreiras e adjacências.

Na terceira associação, cuja área de ocorrência coincide grosso modo com a floresta tropical, está ainda o latossolo vermelho-amarelo, seguido do podzólico vermelho-amarelo, tendo ambos textura argilosa.

4.6 Aspectos Sócio-Econômicos

A área da folha Rio Doce-SO, cortada pelo rio Doce em toda a sua extensão leste-oeste, teve neste rio o principal veículo de seu povoamento. As expedições comandadas por Sebastião Fernandes Tourinho (1573) e Marcos Azevedo (1612), foram as pioneiras a penetrarem a bacia do rio Doce, em busca de ouro e pedras preciosas, e alcançarem a região de Governador Valadares. Em 1808 foram criadas as pri

meiras divisões militares nessa região, para conter os ferozes Botocudos que traziam desassossego aos já, então, moradores do vale. Mais ao sul, a região de Ipanema, terra dos terríveis guerreiros Aimorés, só bem mais tarde teve seus domínios invadidos pelo branco. Foi José Pedro de Alcântara que primeiro venceu as matas virgens, e adentrou esses domínios, em 1840. Antes dele, apenas os catequistas de Guido Marlière chegaram à região tendo, inclusive, se aliado ao famigerado índio Pockrane, que muito influenciou na fixação do homem branco. Governador Valadares, a principal cidade da área, que fica estrategicamente situada entre Belo Horizonte, Vitória, Salvador e Rio, é hoje a 3ª cidade de Minas Gerais e uma das 50 maiores do País. A prodigalidade desta zona refletiu-se inclusive na questão fronteiriça, já hoje solucionada, havida entre Minas Gerais e Espírito Santo.

O Espírito Santo, com densidade demográfica de 35,10 hab/km² (1970), é um dos estados mais povoados do Brasil. Seu povoamento teve início no século XVI, na faixa costeira, através das missões jesuítas, que teve em José de Anchieta seu principal nome. Na zona serrana a ocupação se processou através da colonização de imigrantes alemães, italianos, portugueses, poloneses etc. A distribuição da população revela, mais uma vez, o contraste entre a baixada e a serra e entre o sul e o norte. A baixada, com solos pobres, constitui o grande vazio demográfico, excetuando-se a planície deltaica do rio Doce, entre Regência e Linhares, de solo fértil, onde a cultura do cacau provocou o povoamento. Para se ter uma idéia desse contraste, geograficamente inexplicável, e que só agora vem se dissipando, com a implantação da infra-estrutura sócio-econômica do norte capixaba, compare-se a densidade demográfica do sul, em 1920, de 17,7 hab/km² com a do norte, de 0,72 hab/km². Ao norte do rio Doce

a ocupação teve início à partir de 1928, com a ponte de Colatina. Aí a pecuária vem se fortalecendo em detrimento da agricultura e da exploração madeireira. Também no setor NW da folha a pecuária de corte e leiteira, tendo como suporte as excelentes pastagens de capim colonião, suplanta as atividades agrícolas e de lavras dos pegmativos.

De um modo geral a taxa de crescimento do produto real na região, apresentou declínio no período de 1950 a 1968, passando de 8,8% a.a., na década de 50, para 4,2% no anos 60, sendo a decadência da cafeicultura a causa principal. Como reflexo da erradicação dos cafezais (1965) e da ocupação das terras liberadas pela pecuária, houve uma evasão de mão-de-obra do campo para os núcleos urbanos.

A partir de 1970 a agricultura vem se recuperando lentamente, havendo uma tendência para a correção da situação de êxodo populacional, criada anteriormente. E, irônicamente, é de novo o café seu mais forte componente.

No quadro 4.15, abaixo, mostramos a evolução da população dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, dos quais a área em estudo pode ser considerada uma boa amostragem, fazendo um confronto de suas densidades demográficas:

DENSIDADES DEMOGRÁFICAS em hab/km²

ANO	1872	1890	1900	1920	1940	1950	1960	1970
MG	3,5	5,47	6,17	10,11	11,61	13,36	17,10	19,72
ES	1,8	2,98	4,60	10,03	17,33	20,99	31,11	35,10

Quadro 4.15

Conforme divisão proposta pelo IBGE a região contém, total ou parcialmente, 12 microrregiões, (fig.4.18). O quadro 4.16 dá a área e população de cada uma delas, bem como uma estimativa populacional para 1975.

O quadro 4.17, onde consta a população da área (IBGE-1970) por município, em suas porções urbana e rural, considerando ainda as percentagens dos municípios dentro da folha, permite chegar a um total de 1.385.936 habitantes, sendo 12.201, no Estado da Bahia, 679.744 em Minas Gerais e 693.991 no Espírito Santo.

O quadro 4.18 mostra a produção pecuária, segundo o censo de 1970-IBGE, para a folha, por microrregião homogênea e municípios componentes, feitas as devidas correções percentuais, para os casos de municípios apenas parcialmente contidos no âmbito da folha.

No quadro 4.19 está relacionada, segundo os mesmos critérios, a produção agrícola.

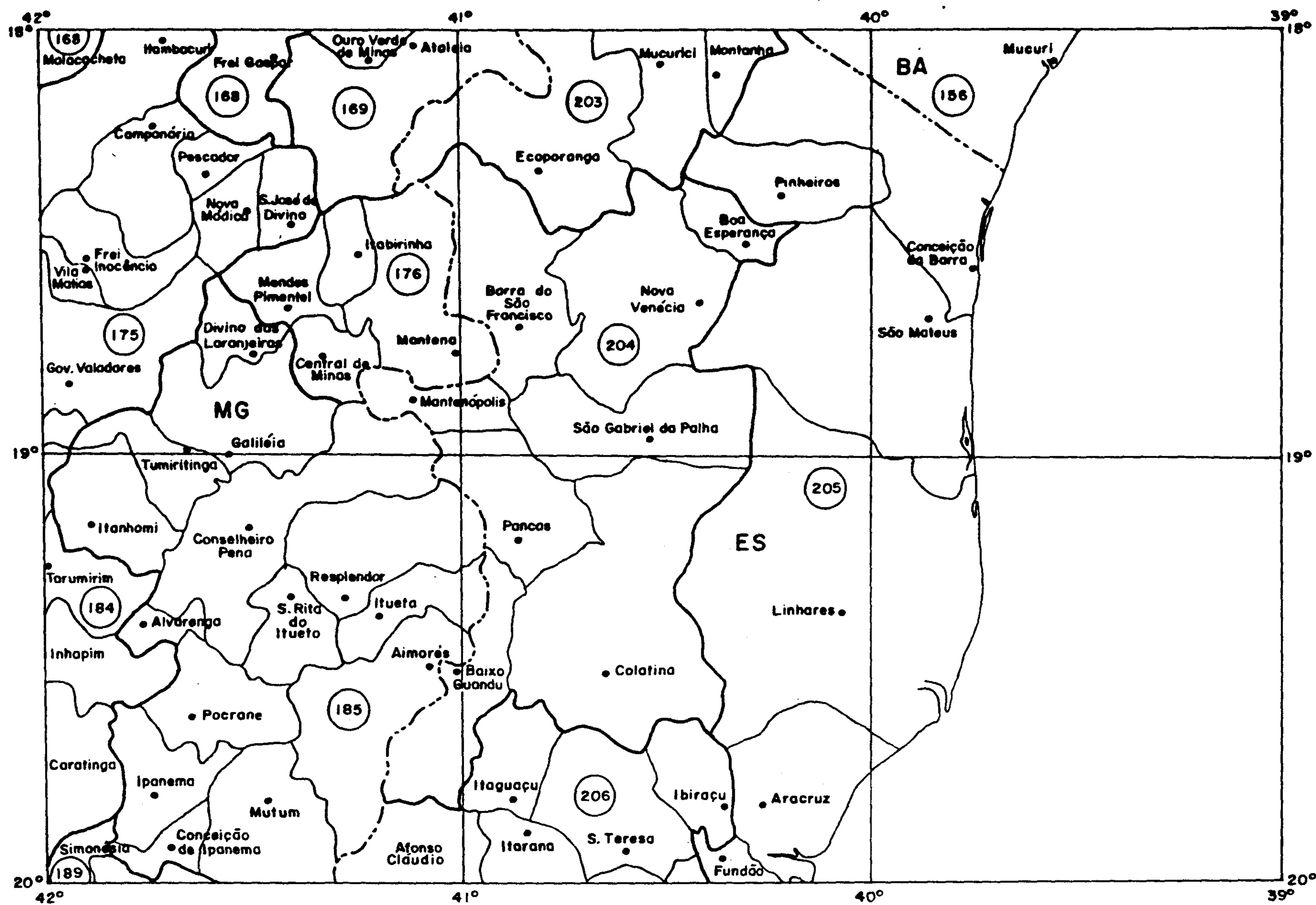
Além dos produtos aí listados, merecem citação a exótica cultura da pimenta-do-reino, que na bacia do rio São Mateus, entre a cidade homônima e Nova Venécia, já se torna um fator de vulto na economia capixaba; e o plantio de seringais, que se faz na certeza de que a produção de borracha natural, terá que, em futuro próximo, ser exumada de seu ostracismo.

Deve-se lembrar também a exploração madeireira, que apesar de decadente, pela exaustão das reservas, ainda prossegue, inclusive através de reflorestamentos de eucalíptos e pinus, cujo rápido crescimento, possibilita um abate a curto prazo.

A produção mineral é importante em todo setor oeste da folha, notadamente na parte norte, onde a lavra dos pegmatidos tem papel relevante. No litoral há que des

DIVISÃO MUNICIPAL

MICRORREGIÕES HOMOGÊNEAS



MICRORREGIÕES

LEGENDA

- (156) - LITORÂNEA DO EXTREMO SUL DA BAHIA
- (168) - TEÓFILO OTONI
- (169) - PASTORIL DE NANUQUE
- (175) - GOVERNADOR VALADARES
- (176) - MANTENA
- (184) - MATA DE CARATINGA
- (185) - VERTENTE OCIDENTAL DO CAPARAÓ
- (189) - BACIA DO MANHUAÇU
- (203) - ALTO SÃO MATEUS
- (204) - COLATINA
- (205) - BAIXADA ESPÍRITO SANTENSE
- (206) - COLONIAL SERRANA ESPÍRITO SANTENSE

- - LIMITE INTERMUNICIPAL
- - - - - LIMITE INTERESTADUAL
- - - - - LIMITE DAS MICRO-REGIÕES HOMOGÊNEAS
- - CIDADE

FONTE: MAPA GEOGRÁFICO DO ESTADO MINAS
GERAIS - 1965

Fig. 4.18

POPULAÇÃO POR MICRORREGIÃO

MICRORREGIÃO	ÁREA (km ²)	POPULAÇÃO TOTAL (hab)	POPULAÇÃO URBANA (hab)	ESTIMATIVA PARA 1975	
				POPULAÇÃO (hab)	DENS. DEMOGR. (hab/km ²)
156	17.421	183.678	27.119	218.271	12,53
168	9.800	246.620	88.187	259.558	26,49
169	10.331	191.520	80.078	197.427	19,11
175	8.482	303.074	171.679	330.667	38,98
176	2.338	93.880	25.307	85.368	36,51
184	5.935	271.498	77.523	270.378	45,56
185	10.764	271.265	87.071	254.604	23,65
189	5.208	188.130	57.238	176.123	33,82
203	3.670	80.691	17.447	75.209	20,50
204	9.575	319.798	109.897	296.476	30,97
205	12.161	221.387	70.187	255.487	21,01
206	7.657	167.206	31.471	172.925	22,59

QUADRO: 4.16

POPULAÇÃO

MUNICÍPIOS MINAS GERAIS	POPULAÇÃO (TOTAL)		POPULAÇÃO (NA FOLHA)		PERCENTAGEM DA ÁREA DO MUNICÍPIO DA FOLHA (%)
	URBANA	RURAL	URBANA	RURAL	
1 - Aimorés	17.696	20.364	17.696	20.364	100,00
2 - Alpercatu	1.493	8.222	1.493	4.222	40,25
3 - Alvarenga	1.556	7.057	1.556	7.057	100,00
4 - Ataléia	5.245	28.688	5.245	503	94,00
5 - Campanário	5.444	9.279	5.444	9.279	100,00
* 6 - Caratinga	41.891	67.881	2.643	17.881	32,44
7 - Central de Minas	2.380	8.186	2.380	8.186	100,00
* 8 - Chalé	1.254	4.866	240	1.500	42,33
9 - Conceição de Ipanema	1.392	6.028	1.392	6.028	100,00
10 - Concelheiro Penn	19.585	21.753	19.585	21.753	100,00
11 - Divino das Laranjeiras	2.592	7.810	2.592	7.810	100,00
*12 - Engenheiro Caldas	3.375	7.312	614	3.312	36,87
13 - Frei Gaspar	798	8.858	798	8.858	100,00
14 - Frei Inocência	2.509	7.390	2.509	7.190	97,82
15 - Galiléia	4.829	11.366	4.829	11.366	100,00
16 - Governador Valadares	129.378	32.642	126.009	14.642	45,77
*17 - Inhapim	6.398	33.802	1.602	12.972	67,77
18 - Ipanema	6.258	14.366	6.258	14.366	100,00
19 - Itabirinha de Mantena	3.107	10.229	3.107	10.229	100,00
20 - Itambacuri	10.512	18.919	10.512	14.322	75,70
21 - Itanhomi	5.084	20.501	5.084	20.501	100,00
22 - Itueta	2.001	7.645	2.001	7.645	100,00
*23 - Malacacheta	7.538	34.724	-	2.847	8,20
24 - Mantena	15.859	31.787	15.859	31.787	100,00
*25 - Marilac	2.672	3.314	-	314	6,84
26 - Mendes Pimentel	3.961	18.371	3.961	18.371	100,00
27 - Mutum	6.448	26.462	5.731	20.143	76,12
28 - Nova Módica	1.750	6.385	1.750	6.385	100,00
29 - Ouro Verde de Minas	2.575	8.425	2.575	4.448	52,80
30 - Pezador	1.939	3.200	1.939	3.200	100,00
31 - Pocrane	4.287	12.545	4.287	12.545	100,00
32 - Resplendor	11.786	15.227	11.786	15.227	100,00
*33 - Santana do Maranhão	1.416	6.065	321	2.028	26,76
34 - Santa Rita do Itueto	613	7.671	613	7.671	100,00
35 - São José do Divino	1.874	5.859	1.874	5.859	100,00
*36 - São José do Mantimento	502	2.020	502	473	23,44
*37 - Simonéia	1.767	11.098	350	4.308	38,82
38 - Tarumirim	5.774	26.107	5.774	20.622	78,99
*39 - Teófilo Otoni	67.204	65.613	-	921	1,40
40 - Tumiritinga	2.944	5.399	2.944	5.399	100,00
41 - Vila Matias	1.873	1.482	1.873	1.482	100,00

Fonte: IBGE

Quadro 4.17

continuação

MUNICÍPIOS ESPÍRITO SANTO	POPULAÇÃO (TOTAL)		POPULAÇÃO (NA FOLHA)		PERCENTAGEM DA ÁREA DO MUNICÍPIO NA FOLHA (%)
	URBANA	RURAL	URBANA	RURAL	
*42 - Afonso Cláudio	7.315	40.068	2.333	16.027	40,00
43 - Aracruz	8.262	18.245	8.262	18.245	99,80
44 - Baixo Guandu	13.139	13.819	13.139	13.819	100,00
45 - Barra de São Francisco	13.919	40.150	13.919	40.150	100,00
46 - Boa Esperança	1.109	9.425	1.109	9.425	100,00
47 - Colatina	52.782	52.314	52.782	52.314	100,00
48 - Conceição da Barra	6.808	25.270	6.808	25.270	100,00
49 - Ecoporanga	6.667	40.834	6.667	38.711	94,80
50 - Fundão	3.779	4.391	2.782	3.074	70,00
51 - Ibirajuba	7.835	9.229	7.835	9.229	100,00
52 - Itaguaçu	3.039	8.976	3.039	8.976	100,00
53 - Itarana	1.818	6.942	1.818	5.206	75,00
54 - Linhares	28.036	64.293	28.036	64.293	100,00
55 - Mantenópolis	2.944	9.161	2.944	9.161	100,00
56 - Montanha	9.433	3.930	9.433	2.955	75,20
57 - Mucurici	1.347	18.480	1.347	14.581	78,90
58 - Nova Venécia	10.765	36.715	10.765	36.715	100,00
59 - Pancas	4.683	23.434	4.683	23.434	100,00
60 - Pinheiros	10.449	10.704	10.449	10.704	100,00
*61 - Santa Leopoldina	1.502	20.409	-	1.633	8,00
62 - Santa Teresa	4.137	21.193	4.137	21.193	99,70
63 - São Gabriel da Palha	10.555	24.884	10.555	24.884	100,00
64 - São Mateus	12.853	28.297	12.853	28.297	100,00
BAHIA					
65 - Mucuri	2.134	14.914	2.134	10.067	67,50

* Sede fora da folha

Fonte: IBGE

Quadro 4.17

PECUÁRIA

MICRO REGIÃO	BOVINOS	SUINOS	AVES	OVINOS E CAPRINOS	EQUINOS	OUTROS
	C A B E Ç A S					
BACIA DO MANHUAÇU	576.504	111.816	606.487	7.035	32.900	329
MATA DE CARATINGA	62.737	26.013	159.623	2.095	7.023	56
VERTENTE OCIDENTAL DO CAPARAÓ	10.787	4.152	27.800	701	1.314	1
GOVERNADOR VALADARES	328.533	23.105	136.298	2.988	16.265	11
MANTENA	67.216	43.385	177.673	2.080	8.785	13
TEÓFILO OTONI	22.237	4.001	24.876	278	9.360	18
PASTÓRIL DE NANUQUE	91.316	8.004	46.123	2.061	5.081	13
ALTO SÃO MATEUS	1.932	29.162	118.986	5.826	11.836	46
COLATINA	8.617	138.578	824.894	8.954	28.905	798
BAIXADA ESPIRITO SANTENSE	5.291	89.106	407.880	6.092	18.148	153
COLONIAL SERRANA ESP. SANTENSE	3.855	52.814	537.035	1.520	8.336	436
T O T A L	1.179.025	530.136	2.301.565	39.630	147.953	1.874

PRODUÇÃO AGRÍCOLA

MICRORREGIÃO	BANANA	LARANJA	CAFÉ	ARROZ	CANA DE AÇUCAR	FEIJÃO	MANDIOCA	MILHO	CACAU
	CACHOS	10 ³ FRUTOS	TONELADA	TONELADA	TONELADA	TONELADA	TONELADA	TONELADA	TONELADA
BACIA DO MANHUAÇU	337.145	8.878	10.218	18.817	51.225	3.555	1.787	74.943	-
MATA DE CARATINGA	341.894	17.690	8.704	9.074	36.577	4.160	485	47.000	-
VERTENTE OCIDENTAL DO CAPARAÓ	164.579	4.180	3.710	1.028	15.635	449	330	6.969	-
GOVERNADOR VALADARES	295.137	6.716	825	5.733	36.328	2.134	1.061	22.403	-
MANTENA	188.669	1.210	5.905	3.303	13.538	3.025	379	21.000	-
TEÓFILO OTONI	477.624	6.406	3.082	3.062	26.291	3.683	23.915	7.812	-
PASTORIL DE NANUQUE	102.622	637	2.213	1.443	5.747	1.149	2.591	2.642	-
ALTO SÃO MATEUS	145.104	6.233	4.079	2.869	6.515	1.343	19.405	6.047	-
COLATINA	1.757.966	38.786	74.390	20.422	28.748	3.442	19.244	52.537	120
BAIXADA ESPÍRITO SANTENSE	945.795	11.236	32.460	4.320	14.031	1.990	87.892	8.982	5.769
COLONIAL SERRANA ESP. SANTENSE	1.429.617	30.376	17.825	3.258	30.301	3.580	28.982	41.453	-
T O T A L	6.186.152	132.348	163.411	73.329	264.936	28.510	186.071	291.788	5.889

Fonte: IBGE

QUADRO : 4.19

tacar a exploração petrolífera a cargo da Petrobrás, iniciada na região de São Mateus e Linhares, em 15 de agosto de 1967.

Em dezembro de 1978 a situação de produção dos campos da bacia de Espírito Santo era a seguinte:

Em terra Lagoa Parda	-	1	poço	-	36 m ³ /dia
Campo Grande	-	1	poço	-	3 m ³ /dia
Faz. cedro	-	16	poços	-	650 m ³ /dia
Faz. cedro Norte	-	2	poços	-	53 m ³ /dia
São Mateus	-	5	poços	-	54 m ³ /dia
Rio Preto	-	2	poços	-	22 m ³ /dia
Rio Itaúnas	-	1	poço	-	19 m ³ /dia
No Mar Cação	-	3	poços	-	1.400 m ³ /dia

Num total, portanto, de 2.237 m³/dia.

A pesca é outro fator de capital importância na sócio-economia regional, já que considerável contingente humano dela se ocupa no litoral. Também, nos grandes rios, a pesca de subsistência é que garante a fixação das populações ribeirinhas em determinadas ocasiões.

O setor industrial também já apresenta na região alguns polos de importância como Governador Valadares, Colatina, Linhares, São Mateus e Aracruz (este último com a maior fábrica de celulose da América Latina).

5. GEOLOGIA

A descrição da geologia da área, aqui apresentada, se baseia, fundamentalmente, nos seguintes trabalhos: Projeto Espírito Santo - DNPM/CPRM - 1976, Projeto Jequitinhonha - DNPM/CPRM - 1978, Geologia das Quadrículas de Conselheiro Pena e Barra do Cuieté - DNPM/GEOSOL - 1964 e relatórios internos da Petrobrás (Projeto Rio Doce - Geologia da Parte Continental - 1972; Integração Geológica Regional da Bacia do Espírito Santo - 1971; Bacia do Espírito Santo - Estratigrafia, Estruturas e Possibilidades Petrolíferas - 1978; Bacia do Espírito Santo - Integração Geológica Regional - 1977.

A equipe deste Projeto, utilizando-se dessa bibliografia e de suas próprias observações, procurou definir um mapa, até certo ponto simplificado, que não tem maiores pretensões que a de satisfazer às necessidades do Projeto Hidrogeologia do Centro de Minas Gerais e Norte do Espírito Santo.

5.1 Generalidades

Aproximadamente um terço da área em estudo, englobando a faixa oriental e pequenas porções isoladas no interior, é constituído de sedimentos quaternários e terciários, representados por aluviões recentes e terraços antigos, aluviões flúvio-marinhas, restingas, depósitos praianos e pelo Grupo Barreiras. Os outros dois terços são de domínio de rochas pré-cambrianas, integrantes da "Associação Barbacena / Paraíba do Sul", e intrusivas de idades diversas.

5.2 Pré-Cambriano

Os conceitos em que se fundamentava a separação das unidades denominadas "Associação Barbacena" e "Associação Paraíba do Sul", amplamente abordados no Relatório Preliminar deste Projeto, e que foram adotados em projetos anteriores e limítrofes do Jequitinhonha, perderam, durante a execução deste, sua validade. Isto porque, na parte central da área, os critérios fundamentais da separação perdiam a nitidez, com o surgimento de características comuns, que levavam tipos litológicos atribuíveis a uma, para o domínio da outra. A caracterização da faixa de separação tornou-se praticamente impossível. Daí, o grupamento ora aceito, de "Associação Barbacena / Paraíba do Sul".

5.2.1 Associação Barbacena / Paraíba do Sul

Todo o setor oeste da área em estudo, compreendendo as folhas Conselheiro Pena (SE.24-Y-C) e Governador Valadares (SE.24-Y-A), e mais uma estreita faixa, também oeste, das folhas Rio Doce (SE.24-Y-D) e São Mateus (SE.24-Y-B) é de domínio da Associação Barbacena / Paraíba do Sul, a menos de pequenas áreas de intrusivas e coberturas sedimentares que serão individualizadas oportunamente. Seus limites norte, sul e oeste são, portanto, os próprios limites da folha Rio Doce S0. A leste essa super unidade termina onde começa o Grupo Barreiras e o contato é definido por uma linha muito sinuosa, de direção geral NW-SE, que passa a oeste de Mucurici e Montanha, leste de Nova Venécia e Vila Valério, a 15 km a leste Colatina, após ter passado a oeste da lagoa Juparanã, oeste de Guaraná e leste de Aracruz.

Essa associação está representada na área pelas seguintes unidades: complexo gnáissico - migmatítico, complexo gnáissico - kinzigítico, complexo charnockítico e

complexo granitóide.

5.2.1.1 Complexo Granitóide

Este conjunto de rochas granitóides, de compo
sição intermediária, apresenta relações de contato com as
unidades vizinhas muito variáveis. O Tonalito Galiléia (Bar
bosa, A.L.M et alii - 1964) por exemplo, tem contatos intru
sivos, geralmente acompanhados por brechas intrusivas, que
indicam penetração forçada do magma, nos xistos e paragnais
ses finamente bandeados que ocorrem na região de São Vitor
e Tumuritinga. Excetuando-se esses contatos entre tipos
litológicos bem diferenciados, o que ocorre geralmente é
uma transição textural e mineralógica entre os tipos mais
semelhantes. Entre Cotaxé e Santa Luzia e entre Ataléia e
Prata dos Baianos, por exemplo, os granitóides porfiroblásti
cos perdem o caráter da distribuição caótica dos porfiroblás
tos tabulares de feldspato, para assumirem, progressivamen
te, uma estrutura orientada de aspecto "augen", com o apare
cimento também de granada e silimanita, raramente encontra
das no granitóide anterior.

Litologicamente este complexo de corpos salien
tes é representado na área pelas seguintes unidades:

Granitóide porfiroblástico isotrópico ($P\epsilon gr_1$),
cor cinza clara a rosa, composto de quartzo, K-feldspato,
biotita, plagioclásio e, localmente, anfibólio.

Augen - granitóide porfiroblástico ($P\epsilon gr_2$)
constituído de quartzo, K-feldspato, biotita, plagioclásio,
granada, silimanita e cordierita.

Rochas de composição tonalítica/granodiorítica
($P\epsilon gr_4$), de estrutura isotrópica a fracamente orientada, de
granulação média, com inclusões locais, discóides e irregula

res, de mesma composição e granulação fina (autólitos). Há variações locais para rochas de composição granítica e granodiorítica, leucocráticas e sem relação definida com o tipo principal.

Rochas de composição granodiorítica (P_{gr_5}), de estrutura isotrópica a fracamente orientada, granulação grossa, cor cinza clara, localmente porfiroblástica, constituída de quartzo, plagioclásio, K-feldspato, moscovita e biotita.

Rochas de composição granítica (P_{gr_6}), de estrutura orientada a pouco orientada, granulação grosseira a porfiroblástica, cor cinza clara e constituída de quartzo, K-feldspato, plagioclásio, biotita e moscovita.

Estas últimas unidades mostram, na maioria das vezes, efeitos de gnaissificação.

Sua distribuição geográfica obedece a uma orientação N-S que iniciando na folha de Conselheiro Pena, passa pela de Governador Valadares indo até a de Teófilo Ottoni, ao norte da área. Na folha Conselheiro Pena ocupa parcialmente o centro sul, abrangendo localidades como: Pocrane, Taquaral, Conceição do Ipanema, Barnabé, Mutum, Alto do Capim, Bueno, Santa Rita do Ituêto, Ituêta e Galiléia. Na folha Governador Valadares desponta à partir de seu limite leste, originando porções salientes na topografia arrasada de xistos e gnaisses. Nos domínios dessa unidade podemos citar as localidades de Central de Santa Helena, Divino das Laranjeiras, São José do Divino e São Geraldo do Baixio.

Suas feições morfológicas em muito se aproximam de batólitos "stocks", o que aliado à sua textura coriácea e cor cinza média, em muito facilitam sua delimitação. A textura gnaissóide existente resultou de movimentação tectônica, predominantemente segundo NE-SW e NW-SE, que

proporcionou a formação de zonas cataclásticas e desenvolvimento de brechas nas bordas desses corpos.

5.2.1.2 Complexo Charnockítico

Este complexo é representado, na área em estudo, por duas unidades distintas:

Biotita gnaisses e biotita-granada gnaisses, localmente migmatizados e charnockitos gnáissicos subordinados, (P_{ck_1}). Ocupam pequenas faixas no setor SW da folha, fazendo contato com outros tipos de charnockitos e gnaisses e migmatitos também da Associação Barbacena / Paraíba do Sul. Os locais de ocorrência das estreitas faixas desta unidade ficam a norte de Tarumirim, sul de Santo Antônio do Manhuaçu e oeste de Alegria. Há também charnockitos de granulação fina a média esverdeados, com estrutura isotrópica; charnockitos de foliação gnáissica e, subordinadamente, charnockitos de granulação muito grossa; rochas gabróides, biotita gnaisses e biotita-granada gnaisses. Ocorrem em contato com, e nas mesmas localidades dos tipos anteriores, e em uma pequena mancha circular a leste de Alpercata.

Charnockitos porfiroblásticos (P_{ck_2}) de estrutura isotrópica, granulação média a grosseira, geralmente esverdeados, localmente associados a rochas quartzo-feldspáticas leucocráticas, isotrópicas, com granada-leptinitos e pequenos corpos de estrutura granítica, de granulação fina. Rochas de cor cinza, isotrópicas e porfiroblásticas, associadas. Localmente predomínio de rochas básicas e intermediárias.

Algumas estruturas circulares, possivelmente ligadas a corpos intrusivos, figuram como charnockitos, como em Itapina, Barra de São Francisco, sul de Mantenópolis etc.

A estrutura circular de Aimorés é circundada por corpos de natureza gabróide metassomatizados e biotita gnaisses granatíferos, tendo no centro um capeamento de solo eluvial. As rochas dessa unidade (complexo charnockítico) encontram-se profundamente intemperizadas e dissecadas. As mais resistentes (гнаisses granatíferos e charnockitos) exibem relevo de destaque (serras e paões-de-açúcar). A drenagem é condicionada à estrutura de falhamentos e fraturas e à litologia. Seu padrão predominante é o retangular, com variações para dendrítico retangular e paralelo. A textura é essencialmente rugosa.

5.2.1.3 Complexo Gnáissico - Kinzigítico

Este complexo (Pek_2) é constituído por gnáisses migmatíticos de composição kinzigítica a quartzo, plagioclásico, K-feldspato, biotita, granada, cordierita, silimanita, grafita, andaluzita e anfibólio; associados a biotita gnaisses e biotita-granada gnaisses, localmente migmatizados, e migmatitos. A estrutura de mais comum ocorrência nesse complexo é a estromática, mas, subordinadamente, aparecem estruturas flébitica e dobrada. Bandas félsicas de textura granítica ou pegmatóide ocorrem como vênulas, lentes ou mesmo camadas na direção da foliação, por vezes com "boudinage". Há ainda paleossomas de gnaisses mesocráticos bem foliados.

A área de ocorrência desse complexo, além de corpos isolados como os de Cuparaque, Boa Esperança e leste de Nova Venécia, é uma vasta faixa de posição aproximadamente N-S, largura variando de 100 a 50 km, que vai do limite sul da folha até a altura de Nova Venécia, dispondo-se simetricamente em relação às cidades de Santa Teresa, Colatina, Vila Governador Lindemberg, São Gabriel da Palha e Nova

Venécia.

A morfologia desse complexo não tem nenhuma singularidade a não ser sua topografia suave, de morros abaulados, de que apenas a zona de Santa Teresa constitui exceção. O fraturamento de maior importância está orientado para NNW.

5.2.1.4 Complexo Gnáissico - Migmatítico

Este complexo é a unidade geológica fundamental desta área do projeto tanto pela extensão ocupada como pelo posicionamento lito-estratigráfico. Predomina amplamente no setor oeste da área, integrado pelas folhas de Conselheiro Pena e Governador Valadares, avançando para além dos seus limites a norte, noroeste e sul. A sudoeste limita-se com os tipos litológicos do complexo charnockítico. A nordeste e sudeste com os complexos granitóide e kinzigítico, respectivamente. Seu domínio abrange os municípios de Itanhomi, Alvarenga, Pocrane, Ipanema, Aimorés, Resplendor, Ituêta, Tumiritinga, Governador Valadares, Frei Inocêncio, Campanário, Nova Módica, Pescador, Itambacuri, Frei Gaspar e Itabirinha de Mantena. O complexo granitóide, representado principalmente por termos de composição tonalítica, praticamente divide este complexo em duas partes. Intrusivas e unidades mais jovens também ocorrem em seus domínios, apresentando relações de contato de natureza tectônica e estratigráfica. Há extensas zonas de falhamentos indiscriminados, com pronunciados efeitos de cataclasamento, notadamente segundo NE-SW e NW-SE, que produziram o entalhamento condicionante da drenagem.

A diversidade de tipos litológicos deste complexo impõe uma expressão topográfica igualmente heterogê

nea. Mas a influência litológica e a tectônica polifásica imprimiram a principal característica da fisiografia, que é a marcante uniformidade de orientação dos morros, cristas de serras e cursos d'água segundo a foliação das rochas que é mais constante na direção SW - NE.

Duas unidades litológicas foram individualizadas nesse complexo no âmbito da folha Rio Doce S0:

Migmatitos e gnaisses indiferenciados (P_εgm): biotita-granada gnaisses bandados, localmente migmatizados, com intercalações subordinadas de xistos, quartzitos e anfibolitos. Subordinados a esta unidade temos quartzitos, micáceos ou não, de cor clara, granulação fina a média, localmente grosseira e quartzo-micaxistos (P_εgmq), cujas principais ocorrências estão ao sul de Conselheiro Pena; e xistos (P_εgm_x) a quartzo, biotita, moscovita, granada e estauroлита, por vezes associados a rochas calcossilicáticas e mármore, que têm como principal exposição uma faixa N-S, estendendo-se de Mendes Pimentel a Resplendor.

A segunda unidade (P_εgm_{ck}) é composta de biotita gnaisses, localmente migmatizados, charnockitos isotrópicos e gnaissicos, que ocorrem no extremo sudoeste da folha de Conselheiro Pena.

5.3 Rochas Intrusivas

Vários corpos graníticos intrusivos (Υ) cortam rochas gnáissicas e xistosas da Associação Barbacena / Paraíba do Sul, em zonas afetadas por tectonismo. Um exemplo típico é o corpo granítico do Ibituruna, ao sul de Governador Valadares, encaixado em biotita gnaisses por contatos controlados por falhas indiscriminadas. Outros corpos graníticos dessa unidade ocorrem nas proximidades de Frei Inocêncio, Vila

Matias, Guarataia, Campanário, Conselheiro Pena e Tabajara. A delimitação desses corpos é bastante facilitada pela textura granular, tonalidade cinza-clara e conformações abauladas com escarpamentos pronunciados. Litologicamente esses granitos se caracterizam pela estrutura isotrópica, granulação fina e média nuns e média e grosseira noutros, e por se constituírem de quartzo, K-feldspato, plagioclásio, biotita e/ou moscovita e, às vezes, anfibólio.

Rochas de composição intermédiana, notadamente dioritos (δ), ocorrem na porção sudoeste da folha, proximidades de Pocrane e Ipanema, predominando nelas a coloração cinza, granulação fina e estrutura isotrópica. São ocorrências restritas, de contatos bruscos e normalmente constituídas de plagioclásio, anfibólio, biotita e quartzo escasso.

Sob a denominação de rochas básicas e metabásicas (β) foram englobados os corpos básicos que cortam todas as unidades indiscriminadamente, em zonas mais afetadas por fraturamentos. O aspecto morfológico dos afloramentos reflete os efeitos da fase ou das fases tectônicas a que estiveram sujeitos. Citam-se ainda, nessa categoria, ocorrências de ultrabásicas como os peridotitos serpentinizados e níquelíferos, associados a anfibolitos, que ocorrem encaixados no complexo gnáissico, a 15 km ao sul de Ipanema.

5.4 Rochas Sedimentares

A bacia sedimentar cretáceo-terciária do Espírito Santo é componente de um conjunto de bacias da margem continental brasileira, para as quais, tendo por base as identidades de suas colunas estratigráficas e feições estruturais, é aceita uma origem comum e uma história evolutiva semelhante.

Ocupa uma área de 60 mil quilômetros quadra dos, da qual apenas 1/6 corresponde à porção emersa, uma estreita e alongada faixa, com cerca de 20 quilômetros de largura, limitada ao norte pelo Alto Cumuruxatiba ($17^{\circ}30's$) e ao sul pelo flanco do Arco de Vitória ($19^{\circ}45's$).

Esses mesmos limites são arbitrariamente es tendidos à porção submersa, com uma largura média da ordem de 200 quilômetros e onde os sedimentos da Bacia do Espírito Santo se unem aos das bacias vizinhas.

A coluna sedimentar, com uma espessura máxima estimada em 8 a 9 mil metros (sendo 3.500 metros a maior profundidade conhecida na porção emersa) exibe três intervalos distintos: um inferior flúvio-lacustrino, um evaporítico e um superior marinho. A sedimentação da bacia foi iniciada no Cretáceo Inferior, durante a época neocomiana, quando um soerguimento local do manto propiciou a formação de um "rift valley". A continuação deste soerguimento ensejou o rompimento da crosta oceânica separando a placa existente em duas outras distintas. O afastamento destas placas permitiu entrada do mar, durante a idade aptiana, transformando o antigo "rift" numa bacia marinha restrita do tipo Mar Vermelho. Com a continuada intromissão da crosta oceânica, a bacia perdeu sua característica de mar restrito passando a ser uma bacia marginal aberta, à partir da idade cenomanina, por efeito do abatimento dos blocos do embasamento em direção ao eixo da bacia, originando assim, a plataforma continental.

Os sedimentos da fase "rift" e os de fase de mar restrito foram reunidos sob o nome de Grupo Nativo en quanto a quase totalidade dos depósitos de mar aberto foi incluída no Grupo Espírito Santo. As rochas vulcânicas, ex trusivas, constituem uma unidade litoestratigráfica à parte,

a Formação Abrolhos. O primeiro grupo compreende arenitos e conglomerados (Formação Mariricu, membro Mucuri) e evaporitos, arenitos, carbonatos e raros folhelhos (membro Itaúnas e Formação Barra Nova). O segundo engloba depósitos da fase de mar aberto (Formação Urucutuca, Caravelas e Rio Doce) de folhelhos, carbonatos e arenitos. A figura 5.1 mostra a coluna estratigráfica da parte emersa da Bacia do Espírito Santo.

Tendo em vista que a cobertura de sedimentos continentais cenozóicos abrange toda a bacia, e consoante a própria finalidade deste trabalho, apenas a Formação Rio Doce merecerá aqui maior ênfase.

5.4.1 Formação Rio Doce

As únicas referências a afloramentos dessa formação são de Della Piazza e Araújo (1972). Esses autores citam afloramentos de arenitos feldspáticos, com argilitos verdes intercalados nas encostas abruptas dos tabuleiros recobertos pelo Barreiras, no vale do rio São Mateus a oeste da BR-101. A melhor exposição estaria na Fazenda São Pedro, a 33 quilômetros a oeste de São Mateus. Essa seção, representante da parte superior da Formação Rio Doce, muito semelhante à observada pela equipe deste projeto, na Fazenda São Benedito, na estrada que, da BR-101, demanda Nova Brasília, no município de Mucuri, está descrita na fig. 5.2.

Para se ter uma idéia da variabilidade da espessura da formação indicamos abaixo alguns dados de poços da Petrobrás:

Poço	Espessura
2-CBST-1- ES	710 m

BACIA DO ESPÍRITO SANTO

COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA PARTE CONTINENTAL

CRONO-ESTRATIGRAFIA		LITO-ESTRATIGRAFIA		
PERÍODO	ANDAR	LITOLOGIA	FORMAÇÃO	GRUPO
QUATÉRNARIO	HOLOCENO			
	PLEISTOCENO			
TERCIÁRIO	PLIOCENO		RIO DOCE - CARAVELAS	BARREIRAS
	MIOCENO			
	OLIGOCENO			
	EOCENO			
	PALEOCENO			
	URUCUTUCA			
CRETÁCEO	SUPERIOR		BARRA NOVA	NATIVO
	CAMPAÑIANO			
	SANTONIANO			
	CONIACIANO			
	TUPONIANO			
	CENO MANIANO			
	ALBIANO			
INFERIOR	APTIANO			
WELDEANO				
PRÉ-CAMBRIANO		EMBAS. CRISTALINO		

DESCRIÇÃO LITOLÓGICA SUMÁRIA

Areia, cascalho, argila, silte, turfa, arenito ("beach rock"), concheiros.

Arenito argiloso.
Argila variegada com limonita.
Arenito.

Arenito argiloso, arenito arcóxico, argilito, folhelho, calcário, dolomito.

Folhelho, calcário, arenito.

Calcário oolítico, arenito

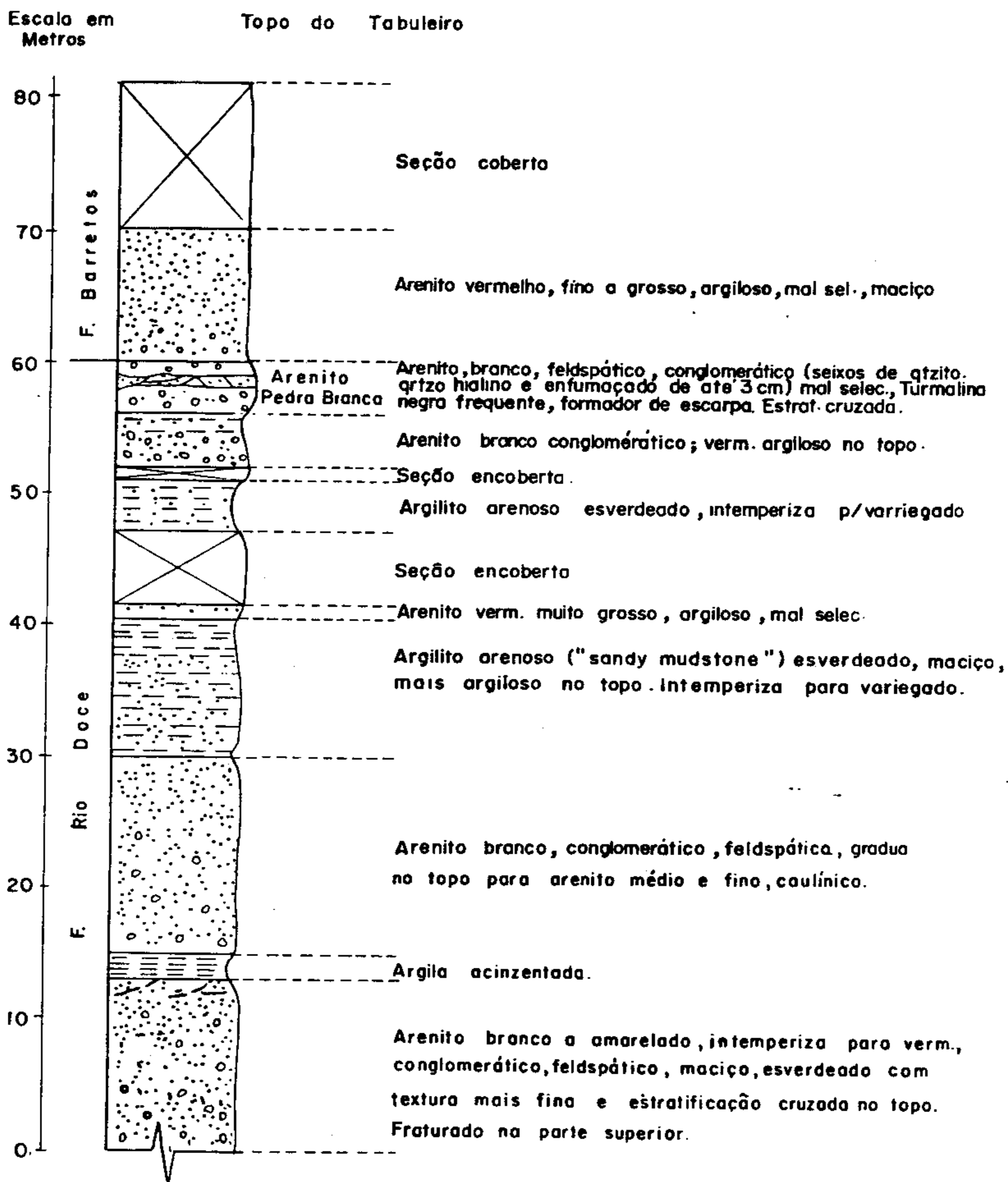
Evaporito

Arenito, folhelho, calcário

Arenito argiloso conglomerático

Biotita - granulito

SEÇÃO DA FAZENDA SÃO PEDRO



Fonte: Petrobrás Della Piazza e Araújo (1972)

Fig 5-2

1-SM-1- ES	620 m
1-NO-1- ES	580 m
2-N-1- ES	770 m
2-FRD-1- ES	720 m
ESS-2 (imerso)	3.245 m

O membro Piraúna é caracterizado por arenitos finos e grosseiros, com intercalações subordinadas de folhelhos cinzas, níveis calcários e margas. A presença de dolomita, com porosidade muito boa, caracteriza a parte basal deste membro. O membro Pirapitanga constitui-se de arenitos finos e grosseiros, altamente argilosos e freqüentes camadas de argilas e siltitos mal consolidados. O membro Piranha é representado por areias grosseiras, quartzosas e feldspáticas, de grãos angulares e raras intercalações argilosas.

5.4.2 Cenozóico

Os sedimentos cenozóicos recobrem toda a parte leste da área. Sobrepõem-se à Bacia do Espírito Santo e avançam para o interior, até a altura do meridiano $40^{\circ}30'$, jazendo diretamente sobre o embasamento cristalino. Além disso, no interior da folha ocorrem pequenas áreas de coberturas detríticas e as aluviões e eluviões.

5.4.2.1 Grupo Barreiras

A equipe do Projeto Espírito Santo (CPRM/DNPM-1976) atesta não ter encontrado, nos afloramentos estudados, nenhuma justificativa para subdivisão da "Formação Barreiras", como fizeram Mabessoone, Campos, Silva e Beurlen (1972), após estudos no nordeste do país, que propuseram as

Formações Serra dos Martins, Guararapes e Macaíba, para com por o Grupo Barreiras. Neste trabalho vamos manter os conceitos emitidos por Jodauro, N.S. et alii, em 1976, mantendo porém a expressão "Grupo Barreiras", que julgamos válida.

Na área da folha Rio Doce, os terciários Barreiras ocupam uma faixa central com direção norte sul e largura aproximada de 30km, sendo limitada a oeste por rochas gnáissicas e a leste por sedimentos recentes. . . Esta faixa passa por Aracruz, a oeste de Guaraná, leste de Desengano e ocupa parte do vale do rio Doce, até o limite oeste da folha. Prossegue então para o norte, passando a leste do rio Bananal, onde sofre uma inflexão para noroeste e evolui para a folha de São Mateus. Aí, esses sedimentos se distribuem por quase toda a folha, à exceção de pequenas zonas no extremo sudoeste, próximo a Nova Venécia, no noroeste, proximidades de Montanha, e as partes recobertas por aluviões do São Mateus, Itaúnas e Mucuri e pelas restingas.

A monotonia do relevo é uma das características mais marcantes do Barreiras. Com um gradiente muito suave para a costa, o relevo apresenta-se como um tabuleiro, com vales rasos e amplos desnivelados dele, em média 20 a 30m. É comum encontrar-se um relevo colinoso nas proximidades do contato desta unidade com as rochas gnáissicas, onde, graças à sua reduzida espessura, esses sedimentos refletem a morfologia do embasamento. Em algumas partes do litoral capixaba o Barreiras apresenta falésias de até 20m.

O Barreiras se limita, a oeste, com os gnaisses, migmatitos de composição kinzigítica e rochas do complexo granitóide. Seus sedimentos clásticos se depositam discordantemente sobre a irregular superfície de erosão dessas rochas. Não se constatou a ocorrência de nenhum conglomerado de destaque na base deste grupo. O mais comum é que seus se

dimentos, na parte inferior, isto é, próximo ao contato com o embasamento, sejam bastante grosseiros, com grãos da ordem de até 1 cm, mas a fração dominante situa-se na faixa de 3 a 5 mm de diâmetro.

O contato com os sedimentos recentes a leste é normal. A distinção dos sedimentos, entretanto, torna-se às vezes difícil, principalmente em áreas sujeitas a inundações ou próximas a elas. É o caso dos arredores de Linhares onde ocorrem inúmeras lagoas, permanentes e efêmeras. O material constituinte das aluviões é resultante de retrabalhamento dos sedimentos do Barreiras. Tal processo não foi suficientemente demorado para estabelecer uma nítida diferença composicional, como em Bananal do Sul. Já em sítios onde o Barreiras se apresenta muito feldspático ou com um relevo mais destacado, a distinção torna-se bastante clara - região de São Mateus, Conceição da Barra etc.

Na região de Montanha e São João do Sobrado, as rochas gnáissicas apresentam-se, às vezes, bastante arrasadas, formando solos com características muito semelhantes aos sedimentos imaturos Barreiras. As estruturas relictas destes solos é que facilitam sua distinção.

A presença dos sedimentos do Barreiras foi constatada até a altitude de 220 m (Governador Lidemberg). Como eles se distribuem até a praia, poder-se-ia imaginar uma espessura da ordem de 200 m. Entretanto, além de sua ligeira inclinação para leste, há que se considerar a irregularidade do embasamento, que chega a aflorar em alguns pontos. Assim é que espessuras de 10 m em Padovan, 50 m em Pedro Canário, 70 m no Patrimônio do Bis e Cachoeirinha, foram observadas. Na região costeira a espessura não é bem conhecida, mas deve ultrapassar os 70 m, já que ela parece aumentar à medida que se desloca dos gnaisses para o oceano.

Os sedimentos Barreiras são imaturos, grossei

ros, mal classificados, com lentes de argila e areia quartzosa fina, coloração variando entre rósea, vermelha, arroxeada, amarelada ou esbranquiçada e apresentam estratificação cruzada. Sua composição é variável de região para região, mas o mineral que mais contribui é o quartzo, seguido dos minerais de argila e do feldspato já bastante alterado. Os acessórios são: magnetita, limonita, zircônio, barita, micas, fluorita, turmalina etc.

Quase toda sequência Barreiras apresenta feldspato entre seus constituintes, em grau de alteração variável conforme o local. Os arenitos feldspáticos são muito grosseiros, de coloração variada e geralmente mosqueados. Possuem matriz argilo-arenosa, são mal classificados e de grãos angulosos. O feldspato se distribui homogeneamente na rocha, e em alguns casos de estar menos alterado, nota-se ainda seu "habitus". Intercalado neste tipo, ocorre um outro semelhante, sem grãos feldspáticos, mas com manchas caulínicas. Este tipo de ocorrência é comumente encontrado nas regiões de Aracruz, Guaraná, Linhares, Ponte Nova, Água Limpa, São Mateus, Boa Esperança, Itauninhas e Pinheiros.

As lentes de argila, de cor e dimensão variáveis, são muito comuns nesse arenito. Uma cimentação posterior, de limonita, ocorre com frequência. Aproveitando as zonas de maior transmissibilidade, soluções percolantes depositaram um cimento ferruginoso, de cor avermelhada a negra, que deve ter dado origem a concreções de formas irregulares e dimensões até da ordem de 2m de diâmetro. Muito comum também é a presença de colunas verticais, com diâmetro em torno de 30 cm e que devem ter originado da penetração de soluções em espaços deixados por raízes ou animais. A oscilação do nível freático também provocou a formação de faixas horizontais de cimentação descontínua, cujo aspecto é o de uma can

ga, silicosa, como nos arredores de Barra Seca de Baixo, junto ao rio do mesmo nome, na folha de São Mateus. Aí, o arenito encontra-se totalmente cimentado e quando o rio o corta, forma escarpas com até 10m de altura.

Sedimentos arcossianos ocorrem também no Barreiras, com menor percentagem de feldspato e outras características que evidenciam um transporte bem mais curto: feldspatos mantendo ainda sua forma tabular angulosa, em grãos de até 1 cm, quartzo também angular e grosseiro, além da má classificação. O cimento limonítico é praticamente ausente e as cores são mais homogêneas que nos demais arenitos, variando de róseo claro a cinza e de esbranquiçado a esverdeado. Ocorrem ao norte de São Mateus e Pinheiros inconsolidados, e na região de Pedro Canário, Floresta Azul, Itauninhas, Vinhático e, na BR-101, ao norte de Braço do Rio, aparecem silicificados.

Observações de campo levaram à conclusão de que os sedimentos Barreiras estão sujeitos ao efeito diagenético da compactação, silicificação e cimentação por óxido de ferro.

5.4.2.2 Terciário / Quaternário

As coberturas detríticas indiferenciadas, total ou parcialmente laterizadas, tem sido consideradas ora como material de origem sedimentar, depositado sobre áreas peneplanizadas, ora como simples solo residual ou eluvião, produto de decomposição das rochas circundantes. Os sedimentos aqui considerados, de uma ou outra origem, apresentam relevo perfeitamente plano, horizontal, de bordas escarpadas, textura fina homogênea, drenagem pobre e de padrão dendrítico retangular, ocasionalmente associados a pequenas lagoas

e recobertos por vegetação pobre do tipo cerrado. No âmbito da folha Rio Doce-SO essas coberturas estão restritas às áreas de Cuieté Velho, Barra do Cuieté, oeste de Nicolândia, dispostas sobre granitóides tonalíticos e biotita-gnaisses e ocorrências esparsas em Aimorés. Essas coberturas não têm nem continuidade nem espessura expressivas.

5.4.2.3 Quaternário

Neste trabalho os sedimentos quaternários foram divididos em duas categorias: aluviões recentes, terraços eluviais antigos, colúvios e elúvios (Qha); e aluviões flúvio-marinhas, restingas e depósitos de praia (Qam).

A principal área de ocorrência desses sedimentos é a planície aluvial do rio Doce que, iniciando em Riacho, prolonga-se para o norte até além da localidade de Itaúnas, após ligar-se com as planícies deltáicas do São Mateus e Itaúnas. Seus limites norte, sul e oeste são os sedimentos do Barreiras, e a leste o Oceano Atlântico. Carvalho e Garrido (1965) estimaram a espessura máxima desse pacote sedimentar em 80m.

Mais ao sul, nas proximidades de Santa Cruz, ocorre uma pequena aluvião ciliar dos rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim. Também ao norte na desembocadura do Mucuri, aparece outra área aluvial que se estende para o norte, além da área da folha; e para o interior, acompanhando o talvegue do rio Mucuri, com uma espessura razoável. O mesmo fenômeno de aluviões ciliares ocorre também para os rios Itaúnas e São Mateus. Mas é ainda o rio Doce, o mais importante da região, que apresenta as mais notáveis áreas aluvionares e terraços antigos interiores. Suas aluviões, constituídas de cascalho, areia e argila, chegam, em alguns pontos, a

1.500 m de largura. Entre Galiléia e Conselheiro Pena, por exemplo, o rio modelou um terraço aluvionar de 1 km de largura média.

Os sedimentos quaternários são constituídos de argila e areia intercaladas, geralmente de cor negra ou cinzenta, não consolidadas. Suas planícies aluviais dão geralmente um solo rico em matéria orgânica e de boa fertilidade. Na zona de praia as areias são lavadas, sem argila, e seus sedimentos são formados essencialmente de grãos de quartzo. Em alguns locais a areia é clara e fina, enquanto noutros é grosseira e escura, contendo outros minerais como: ilmemita, monazita, tório, granada, zircão etc.

Uma característica marcante na evolução morfológica do litoral, na área em estudo, é o contínuo recuo do mar, o que resultou no processo de formação de deltas nas embocaduras dos rios. Isto se evidencia na sedimentação marinha que deu origem às planícies de restingas e manguezais.

5.5 Geologia Estrutural

De um modo geral, a direção SW-NE da foliação é um fenômeno marcante na área da folha Rio Doce SO. Exceção feita apenas às variáveis locais motivadas por falhamentos. Na porção oeste da folha, área do Projeto Jequitinhonha, é nítida a continuação da foliação SE-NW, que começa na folha de Vitória e avança para o norte, passando por Aimorés e Resplendor, acompanhando grosso modo o vale do rio Doce, até a altura de Galiléia, onde inflete para a direção regional primitiva SW-NE. Entre Conselheiro Pena e Galiléia o rio Doce corre paradoxalmente sobre tonalito, quase seguindo o contato deste com o xisto São Tomé, que deveria ser mais facilmente erodível. Assim, é possível que a posição do leito

do rio tenha sido determinada, nesse trecho, por falhas. Em virtude da difícil caracterização, a maioria dos falhamentos é considerada como de tipo indiscriminado. As falhas têm, de resto, um papel subordinado, sendo a tectônica regional essencialmente de dobramento e que, juntamente com a distribuição dos plutonitos, imprimiu à estrutura regional suas linhas mestras. Assim é que, essa tectônica, além de criar as grandes estruturas, produziu modificações estruturais internas que, sob a forma de xistosidade ou foliação, abrangem todas as rochas da área, à exceção das mais recentes (alúviões e diabásios).

Uma análise regional sugere as seguintes fases tectônicas para a área em estudo:

a) Fase que promoveu lineamentos estruturais e falhamentos segundo a direção SW-NE e apresentou uma atividade magmática, com diferenciações ácidas e básicas.

Os esforços atuantes segundo NNW, responsáveis por dobramentos isoclinais, com vergência predominante para SE, promoveu o acavalamento das diversas unidades litológicas, com metamorfismo dos primeiros xistos, filitos, gnais e migmatitos heterogêneos (metatexitos do tipo venítico e, mais raramente, arterítico).

b) Movimentos tectônicos, com esforços atuantes segundo a direção NW, promoveram a reativação de falhamentos segundo SW-NE e, provavelmente, o aparecimento dos esforços E-W, responsáveis pelo aparecimento dos fraturamentos inversos e pela transposição dos planos estruturais de acamamento e xistosidade.

Esta tectônica, responsável pelo fraturamento SE-NW e pela transposição dos planos, não mascarou totalmen

te as evidências da primeira fase tectônica, pois os lineamentos estruturais segundo a direção SW-NE, se mantêm bem nítidos. Concomitantemente a esta fase tectônica, houve um metamorfismo de médio a alto grau, e metassomatismo, que provocaram o aparecimento dos tipos gnáissicos a granada, silimanita, hiperstênio e charnockitos ácidos e básicos.

c) Posteriormente houve o arqueamento por epirogênese, provocando o levantamento da serra do Caparaó e dos diatexitos - granitóides, o desenvolvimento de uma xistosidade em "S", falhamentos normais, fraturamentos, preenchidos por pegmatitos e formação de granitos pós-orogênicos.

6. HIDROGEOLOGIA

6.1 Generalidades

A área objeto deste relatório, tem seus principais centros urbanos posicionados às margens dos maiores cursos d'água. Tendo em vista a fartura de recursos hídricos superficiais, mantida pela privilegiada pluviosidade regional, é natural que o grosso do suprimento d'água se faça baseado nesses recursos.

A opção "água subterrânea" nunca foi devidamente incentivada. Trabalhos no campo de hidrogeologia, de que se tem notícia, apenas alguns estudos provisionais, locais, de Mário Luiz Petrocchi, para o DNOS e CESAN.

A vocação hidrogeológica da área é boa em que pesem algumas tentativas frustradas de captação, através de poços tubulares empiricamente construídos, o que resultou numa elevada percentagem de poços em desuso ou simplesmente abandonados irrecuperavelmente.

Assim é que, embora informações iniciais dessem conta de número bem mais elevado de poços, apenas 64 foram efetivamente catalogados como existentes. Isto representa uma baixíssima média de 01 poço/806 km². E, pior ainda, desses 64 poços, apenas 44 tem dados concretos, expressos em fichas.

Do total de pontos d'água que subsidiaram a elaboração deste trabalho, 90% são, portanto, fontes naturais e cisternas. A seleção dos pontos se fez em duas etapas: a primeira no campo, onde certos pontos, após observados e analisados, não eram catalogados e serviram apenas pa

ra confirmar ou invalidar hipóteses; e a segunda, no escritório, quando cerca de 20% dos pontos descritos, foram descartados por semelhança e/ou proximidade a outros, para não comprometer a densidade do mapa. Disso resultou o total de 637 pontos d'água efetivamente catalogados, (Anexo III.1) o que deu a média de 1 ponto d'água/81 km².

6.2 Relação entre Geologia e Água Subterrânea

Do exame do mapa geológico da área (Anexo VI.1) depreende-se que 2/3 dela são de domínio de rochas cristalininas, integrantes da Associação Barbacena/Paraíba do Sul, de idade pré-cambriana e intrusivas de várias idades. O restante 1/3 é ocupado por sedimentos areno-argilosos de idade quaternária, terciário-quadernária e terciária, que por sua vez, recobrem ora o embasamento cristalino, ora o espesso pacote sedimentar cretáceo-terciário da bacia do Espírito Santo.

Essas duas grandes unidades geológicas definem também, para a área, os dois tipos de aquíferos existentes: os aquíferos granulares, relacionados à porosidade primária, dependente da granulometria dos sedimentos, e os aquíferos fissurados, relacionados à porosidade secundária, dependente de sistemas de fraturas abertas.

No primeiro grupo, dos granulares, via de regra, os parâmetros extensão, espessura e porosidade são condicionantes favoráveis, enquanto a permeabilidade, ditada pela fração argilosa dos sedimentos, constitui limitação do potencial desses aquíferos.

Os fissurados por sua vez, dependem da interação de vários fatores como geomorfologia/topografia, tectônica

ca e litologia. Assim, as áreas de pães-de-açúcar e "monadnocks" indicam baixo grau de fraturamento. As águas pluviais passam rapidamente pelas superfícies nuas dessas estruturas em busca do nível de base. Havendo topografia suave e manto de decomposição na base desses, as condições de armazenamento mudam favoravelmente. As áreas de morros arredondados e bacias anfiteatrais niveladas, também oferecem condições razoáveis.

E as melhores condições ocorrem em zonas fortemente arrasadas por erosão orientada, como em alguns trechos do vale do Rio Doce e naquelas de escarpas lineares que configuram o resultado de um tectonismo mais ativo. A litologia, por sua vez, interfere no tectonismo, já que as rochas de maior rigidez ou competentes, como quartzitos, migmatitos, gnaiesses etc, respondem aos esforços fraturando-se notadamente; enquanto as incompetentes, mais plásticas, como xistos, se moldam àqueles esforços sem se fraturarem. E, mesmo no primeiro caso, as fraturas podem ser obliteradas, total ou parcialmente, por material triturado durante a movimentação, ou preenchidas, posteriormente por minerais, solo, materia orgânica de procedência vária.

6.3 Águas Subterrâneas em Rochas Fissuradas

Todo o conjunto de rochas cristalinas e cristalofilianas integrantes da Associação Barbacena/Paraíba do Sul, nos seus complexos gnáissico-migmatítico, gnáissico-kinzigítico, charnockítico e granitóide, mais as intrusivas graníticas, dioríticas, básicas e ultrabásicas, serão aqui tratadas numa mesma unidade hidrogeológica. Isto se permite em virtude da semelhança dos tipos litológicos e suas caracte

rísticas físicas: tratam-se de rochas maciças, de porosidade primária inexpressiva e permeabilidade original nula (a menos dos quartzitos que ocorrem em proporção mínima). O processo tectônico que alterou essas condições originais, possibilitando a infiltração e armazenamento de água, abrangeu, indiscriminadamente, todo o conjunto.

Em geral, parece que o tipo de rocha tem pouca influência na vazão média dos poços, sendo muito mais influente a estrutura geológica (Davis e Turk, 1964 in Custódio, 1976).

Para comprovar a validade dessa unificação procedeu-se a uma análise baseada em dados de 36 poços distribuídos em toda a área cristalina. Frise-se que tais poços não obedeceram critérios técnicos acurados de locação, e foram construídos sob as mesmas limitações econômicas, o que contribuiu na homogeneização dos valores de profundidade, diâmetro, vazão etc. São poços, portanto, que retratam as características médias do meio aquífero.

A distribuição de vazões específicas por unidade de penetração segue, supostamente, uma lei probabilística logarítmica (Custódio, 1976 - pag. 895). Para se obterem os parâmetros dessa distribuição, tabulam-se os valores da vazão específica por unidade de penetração, em ordem decrescente, e as respectivas frequências (Quadro 6.1), obtidas pela fórmula:

$$f = 100 \frac{m}{n + 1}$$

onde, f = frequência (% de poços cuja vazão específica é igual ou maior que a do poço que ocupa o nº de ordem m).

$m = n^{\circ}$ de ordem

$n = n^{\circ}$ total de poços

m	V(1/h/m/m)	f	m	V(1/h/m/m)	f	m	V(1/h/m/m)	f
1	486,5	2,7	13	25,6	35,1	25	2,4	67,5
2	390,8	5,4	14	23,0	37,8	26	2,4	70,2
3	123,4	8,1	15	19,2	40,5	27	2,3	72,9
4	107,4	10,8	16	16,7	43,2	28	2,2	75,6
5	107,1	13,5	17	16,6	45,9	29	1,3	78,3
6	83,3	16,2	18	12,8	48,6	30	1,3	81,0
7	52,6	18,9	19	10,4	51,3	31	1,2	83,8
8	50,0	21,6	20	9,5	54,0	32	1,1	86,5
9	46,4	24,3	21	7,6	56,7	33	1,0	89,2
10	40,1	27,0	22	4,5	59,4	34	0,5	91,9
11	33,9	29,7	23	4,3	62,1	35	0,4	94,6
12	28,8	32,4	24	2,8	64,8	36	0,2	97,3

QUADRO : 6.1

Representando-se as frequências em função dos valores da vazão específica por unidade de penetração, em papel logarítmico de probabilidade, obtém-se uma série de pontos, através dos quais se pode ajustar uma reta (fig. 6.1). Quanto menor a inclinação da reta de ajuste, maior a homogeneidade do aquífero.

Não há, no momento, termos de comparação que levem à conclusão buscada. Mas, para a finalidade desejada, tratou-se de comparar essa reta com outros segmentos, obti

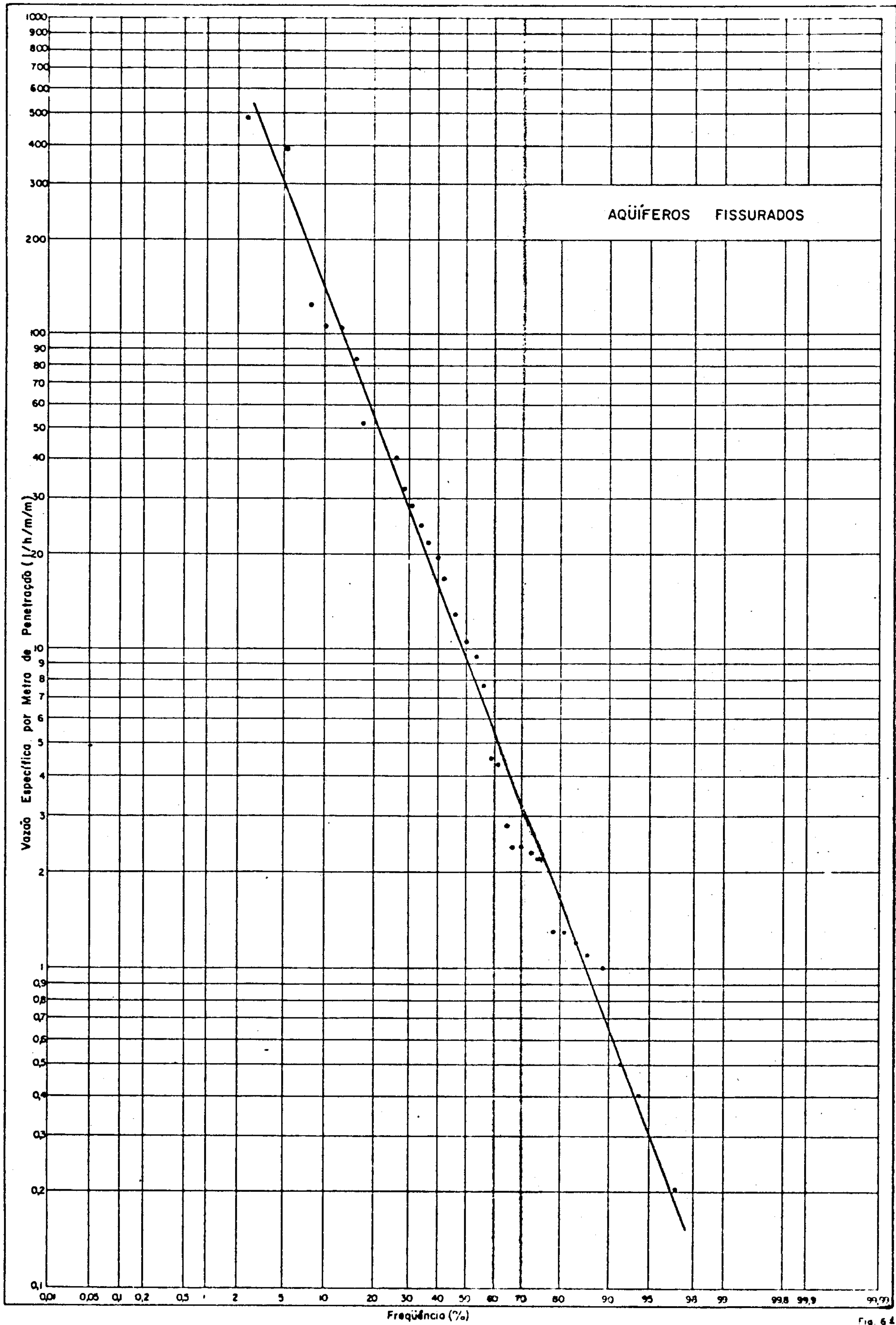


Fig. 64

dos segundo o mesmo procedimento, para poços individualizados por litologias (fig. 6.2). Os xistos apresentam uma homogeneidade bastante próxima da do conjunto. Os granitos são os que mais se afastam do geral, e os gnaisses ficam em posição intermediária.

6.3.1 Condições de Alimentação

A alimentação do aquífero das rochas cristalinas, se faz, quase totalmente, através da infiltração indireta das águas pluviais. A penetração de água nas fraturas depende de sua intensidade, abertura e mergulho. E a infiltração direta das águas superficiais dependeria de condições favoráveis destes fatores, bem como de uma conformação privilegiada da superfície fraturada. Isto na verdade não ocorre, senão localmente. Nas zonas de fortes declives e rochas aflorantes, as águas pluviais se escoam com uma rapidez tal que sua influência nos depósitos subterrâneos é insignificante. Por outro lado, a cobertura sedimentar, o manto de intemperismo desenvolvido, a vegetação e a topografia suave, constituem elementos intermediários, favoráveis na transmissão de águas às fissuras subjacentes. A presença de tais coberturas, nessas condições, possibilita a retenção de uma parte das águas pluviais. Desta, uma parcela que escapa à evapotranspiração se infiltra gradativamente para os depósitos subterrâneos.

A alimentação de fraturas à partir dos rios e córregos, também é importante, notadamente nos períodos de cheias. Neste caso, a coincidência do fraturamento com a drenagem superficial, constitui a condição ótima. E a cama

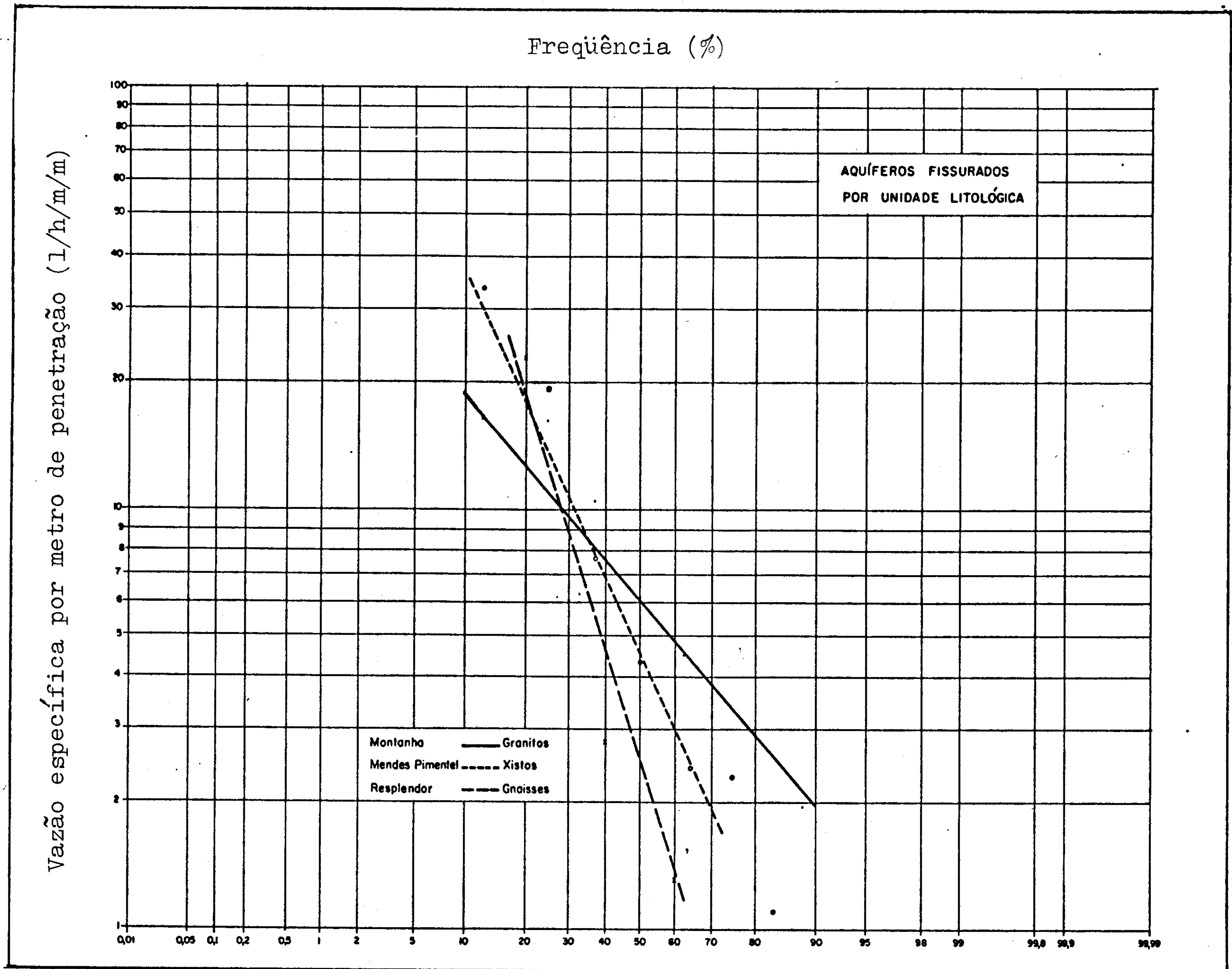


FIG. 6.2

da aluvionar existente será um intermediário, tão mais eficiente quanto mais espessa e permeável for. O manto de composição, as aluviões e coluviões, mesmo quando descontínuos e pouco espessos, não constituindo por si só um meio explorável, são um excelente veículo de transferência de água às zonas fraturadas subjacentes.

No estudo das recessões, capítulo 4.3.2, chegou-se à conclusão que 12,9% do volume de água precipitado na bacia do rio Doce, a montante de Colatina, é restituído ao rio pelos aquíferos. Embora essa parte da bacia esteja implantada sobre rochas cristalinas, predominantemente, há que se considerar a existência de elevada proporção de sedimentos, inclusive fora dos limites da área em estudo, mas pertencentes à bacia, que influenciaram na determinação desse elevado valor. Obviamente, esses 12,9% não retratam a taxa de infiltração no cristalino, que será tratada a seguir, com base em outros critérios.

A figura 6.3 mostra a pluviometria média da área de situação de 9 poços escolhidos para estudo, baseada em dados de 3 postos pluviométricos, e o comportamento do nível estático de 5 desses poços, no mesmo período. No quadro 6.2 estão os valores máximos e mínimos observados nos 9 poços, no período 1978/1979.

Admitindo-se que o coeficiente de armazenamento (S), para os escudos antigos, esteja compreendido entre 10^{-3} e 8.10^{-3} (Leal - 1971, in série Hidrogeologia nº 33-SUDENE), e que a pluviometria média anual da área é de 1.080 mm, pode-se determinar a taxa de infiltração pela fórmula:

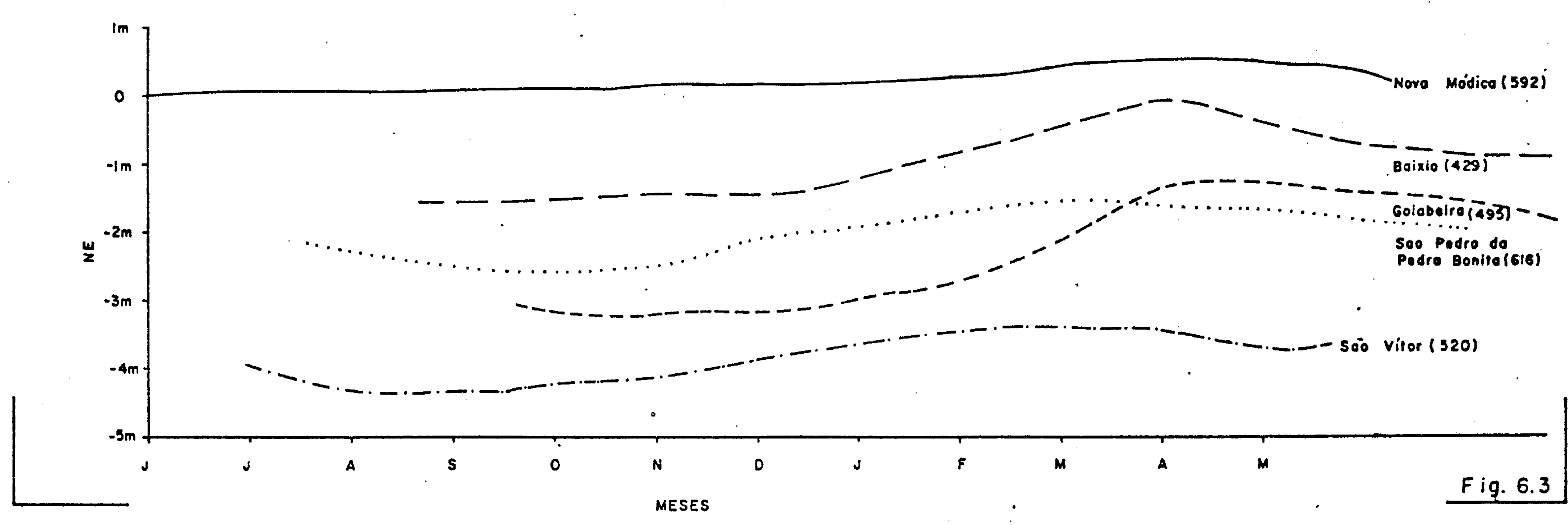
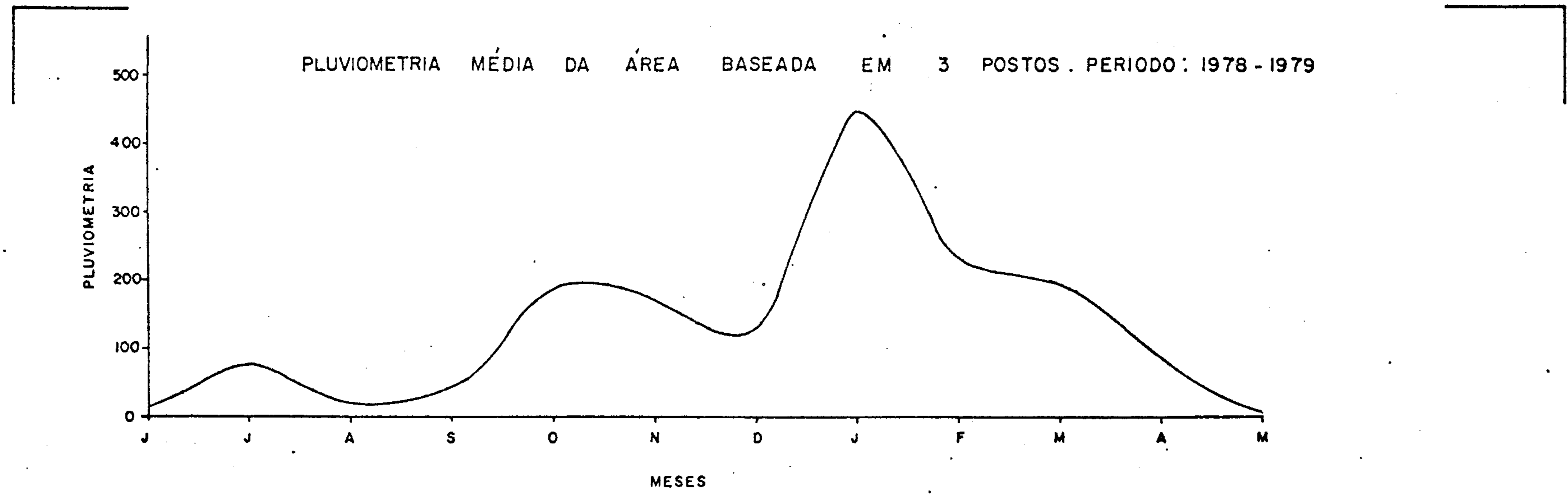


Fig. 6.3

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

onde: I = taxa de infiltração (%)

S = coeficiente de armazenamento

P = pluviometria (m/ano)

Δs = espessura restituída (m)

Tomando P = 1,08 m/ano, $\Delta s = 1,22$ m e admitindo-se

S = 10^{-3} , menor valor do coeficiente de armazenamento, teremos a taxa de infiltração mínima:

$$I = \frac{1,22 \cdot 10^{-3}}{1,08} \times 10^2 = 0,113\%$$

para S = $8 \cdot 10^{-3}$, valor máximo, teremos I = 0,9%, e

para S = $4 \cdot 10^{-3}$, teremos o valor médio de I = 0,45%

OSCILAÇÃO DO NÍVEL ESTÁTICO

Nº DO POÇO	Nível Estático (em metros)		
	Máximo	Mínimo	Diferença
112	6,33	8,86	2,53
113	14,67	16,28	1,61
302	+ 0,52	0,15	0,77
429	0,05	1,56	1,51
495	1,35	3,15	1,80
519	+ 0,24	0,36	0,60
520	3,48	4,25	0,77
592	+ 0,47	0,00	0,47
616	1,65	2,56	0,91
Médias	2,91	4,13	1,22

QUADRO: 6.2

Tomando, ainda, a bacia do rio Pancas, restrita ao cristalino da área, cuja superfície de drenagem de 847 km², é controlada pela estação de Ponte do Pancas (DNAEE-56995500), que registrou uma vazão média anual de 6,35 m³/s (período 1966 a 1972), pode-se chegar a um valor da taxa de infiltração através da equação do balanço hidrológico:

$$V_p = V_i + V_r + V_{ETR}$$

onde: $V_p = A \cdot P =$ volume precipitado na área
(1,08 . 847 . 10⁶ m³/ano)

$V_i =$ volume infiltrado (m³/ano)

$V_r =$ volume escoado superficialmente (6,35 . 31,5 . 10⁶ m³/ano)

$V_{ETR} = A \cdot ETR =$ volume evapotranspirado na área (847 . 10⁶ . 0,8398)

Obs: o valor 839,8 mm foi obtido da média dos valores da ETR, calculados pela fórmula de Turc, para 3 estações situadas nos vértices de um triângulo que envolve a bacia: Colatina 829,3 mm; Nova Venécia 922,3 mm e Barra de São Francisco 767,7 mm (Capítulo 4.2.5).

$$V_i = V_p - V_r - V_{ETR}$$

$$V_i = 915 \cdot 10^6 - 200 \cdot 10^6 - 711 \cdot 10^6$$

$$V_i = 4 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

A taxa de infiltração efetiva será, então:

$$i = \frac{V_i}{V_p} \cdot 100\% = \frac{4 \cdot 10^6}{915 \cdot 10^6} \cdot 100 = 0,44\%$$

que coincide com o valor médio anteriormente encontrado.

6.3.2 Escoamento

As rochas cristalinas em geral, apresentam um fissuramento mais conspícuo a pequena profundidade. Essas fraturas superficiais constituem uma densa trama, em conexão direta com o manto de intemperismo. Nestas condições, os depósitos hídricos existentes, apresentam características de aquíferos livres, onde a circulação é comandada principalmente pela topografia. As fraturas que eventualmente atingem maiores profundidades, compõem uma trama mais rarefeita e podem apresentar condições de confinamento, em que a circulação é comandada por suas próprias paredes. Neste tipo de circulação, as fendas-mestras têm um papel preponderante, já que seus pontos de descarga controlam o nível de água de todo o fraturamento tributário.

Os reservatórios relacionados ao fraturamento superficial, são evidenciados pelos poços da área, cujas entradas d'água situam-se em profundidades inferiores a 45 m, e os níveis d'água estão a menos de 5 m da superfície. Alguns poços são jorrantes, evidenciando uma circulação sob condições de confinamento.

A experiência obtida na área, leva a crer que a circulação de água, através das fendas propriamente, não é das melhores, em contraste com o que ocorre no manto de intemperismo, aonde é muito boa. Assim, a água chega às fendas com relativa rapidez e facilidade, mas, aí, sofre um estancamento considerável. A figura 6.3 mostra a curta defasagem entre o pico máximo das chuvas e o da oscilação do nível d'água no subsolo. Já o contraste entre a concentração de

sais, nas águas de poços e de fontes, reflete a má circulação nas fendas.

As águas precipitadas sobre as elevações rochosas, infiltram-se pelos colúvios, drenando-se para o manto de intemperismo ou elúvios adjacentes, por onde percolam, até que uma solução de continuidade dessa cobertura, no contato com a rocha fresca ou nos leitos dos drenos, permita o aparecimento de fontes. Trata-se de um processo que se repete com frequência e rapidez, dadas as dimensões do trajeto que, por sua vez, é levado pelo fluxo. Daí a baixa salinidade da água dessas fontes.

Por outro lado, a presença de pães-de-açúcar e monadnocks de toda espécie, em grande parte da área, indica seu baixo índice de fraturamento. A zona de granitóide, por exemplo, tem um fraturamento escasso e sem continuidade. Outras zonas, de tectonismo mais intenso, onde o fraturamento é eminente, sofreram ações endógenas que resultaram no preenchimento de parte das fraturas, por pegmatito, por exemplo. Tal preenchimento escolhe, principalmente, as fendas intercomunicáveis.

Daí a má circulação refletida na salinidade da água dos poços.

As restituições, já referidas, se baseiam, portanto, no manto de intemperismo e aluviões, postos sobre as rochas cristalinas.

Os dados disponíveis são insuficientes para a elucidação definitiva do sentido do escoamento. Tendo vista, porém, a importante influência da topografia, pode-se dizer, em princípio, que o escoamento se faz no sentido dos principais vales.

6.3.3 Descarga

Os mesmo fatores que possibilitaram a existência dos aquíferos fissurados, facilitam também a atuação de seu principal exutório - a evapotranspiração. Esta, além de consumir totais da ordem de 90% do volume d'água precipitado, atua também diretamente sobre os depósitos subterrâneos, aproveitando-se de sua condição de aquíferos livres próximos da superfície. As zonas de coberturas ralas e fraturamento superficial, como a de Montanha, ao norte da área, e Baixo Guandu, ao sul, são duramente afetadas por este fenômeno, com reflexos marcantes na salinidade das águas.

Outro exutório importante são as fontes naturais que abundam na área. Apenas algumas zonas isoladas, como a sudeste de Baixo Guandu, oeste de Resplendor e Governador Valadares, norte de Nova Módica, constituem exceção, pelo seu posicionamento desfavorável em relação às montanhas. Como foi citado em 4.2, as montanhas impedem o avanço das massas úmidas de ar que procedem do oceano, ensejando maior pluviosidade no flanco leste, em detrimento do lado oposto que é mais pobre e árido. Não se trata, porém, de situação extrema de ausência de fontes. A boa extensão de terrenos permeáveis, aliada à altura e distribuição anual das chuvas, facilitam a infiltração que garante a perenidade das fontes. Sem falar das captações artificiais (poços tubulares e cisternas), que também são exutórios, das fontes não visitadas por dificuldade de acesso, e daquelas cuja descarga se faz diretamente nos cursos d'água, foram catalogadas 150 fontes, em área de rochas cristalinas, com as seguintes características: vazão máxima 12.000 l/h, vazão mínima 20 l/h, vazão média 1.000 l/h. Seis dessas fontes, previamente escolhidas,

foram acompanhadas, num período suficientemente longo, para determinar as vazões máxima e mínima. A relação destes valores (P. Fourmarier, in Hidrogeologie - 1958 - pag. 77) dá a seguinte classificação das fontes:

$\frac{Q \text{ máx.}}{Q \text{ mín.}}$	Característica da fonte
$>1 < 2$	Constante
$>2 < 10$	Medianamente variável
$>10 < 50$	Variável
> 50	Muito variável

Das 06 fontes estudadas, 04 se revelaram constantes, e 02 medianamente variáveis.

6.3.4 Características Dimensionais e Hidrodinâmicas - Produtividade dos Poços

A área de ocorrência de rochas cristalinas, determinada por planimetragem, é de aproximadamente 34.400 km². Considerando-se a pluviometria média anual de 1,080 m, e admitindo-se o valor de 0,45% para taxa de infiltração, teremos um volume da reserva subterrânea, anualmente renovável, da ordem de 167.10⁶ m³.

Informações obtidas de usuários, durante a fase de campo, permitiram estimar em 0,7% deste total, o volume atualmente captado através de poços e cisternas. Mesmo assim, sem considerar que, grande parte das cisternas, capta água ainda não incorporada à citada reserva, mas em trânsito para ela ou à mercê da evopotranspiração. Isto se pode constatar observando a violenta oscilação dos níveis d'água nessas cisternas.

Quanto aos poços tubulares, foram cadastrados 55 nessa área. Desses, 19 não possuem um mínimo de informações desejáveis, e 36 forneceram os dados do quadro 6.3 que a seguir se apresenta.

**CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS PERFURADOS
EM ROCHAS CRISTALINAS (I)**

PARÂMETROS	VALORES	UNIDADE	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIO
Vazão		l/h	55.368	1.400	14.591
Vazão Específica		l/h/m	18.000	23	1.915
Nível Estático		m	13,00	Jorrante	3,77
Nível Dinâmico		m	100,00	3,00	33,97
Profundidade		m	146,00	30,00	77,37
Rebaixamento		m	97,00	1,50	30,40
Resíduo Seco		mg/l	1.700,00	60,00	354,00

QUADRO: 6.3

O quadro 6.4 mostra as características dos poços individualizadamente. Nele se pode notar que o item "Entrada D'água" foi negligenciado em vários poços.

Os altos valores de vazão, bem como os de resíduo seco baixos, indicam haver captação de água das coberturas (aluvião, manto de intemperismo etc), apesar da omissão deste detalhe nas fichas dos poços. Os construtores de poços, na ânsia de sucesso comercial, nem sempre têm o cuidado de cimentar, devidamente, o anel existente entre o diâmetro da perfuração e o do revestimento final. Este procedimento é, muitas vezes, admissível, já que a água da cobertura não é absolutamente rechaçável. Sua adoção inconfessa é que falseia a interpretação dos aquíferos.

De qualquer forma, com base nos dados disponíveis, a figura 6.4 mostra a distribuição percentual dos poços segundo seus principais parâmetros.

CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS PERFURADOS EM ROCHAS CRISTALINAS (II)

Nº DO PONTO	MUNICÍPIO	LITOLOGIA	ENTRADA D'ÁGUA (m)	PROFUNDIDADE (m)	NE (m)	PROFUNDIDADE ÚTIL (m)	VAZÃO ESPECÍFICA (l/h/m)
RD-SO. 109	Colatina	Kinzigito	28 - 36 - 58	60,00	6,00	52,00	1.333
110	Colatina	Kinzigito + aluvião	35 - 40 - 43	50,00	6,00	37,00	18,000
112	Colatina	Kinzigito + manto aren.	18 - 22 - 25 - 32	37,00	6,00	26,00	750
113	Colatina	Kinzigito	85	85,00	19,00	66,00	158
200	Ibiraçu	Kinzigito	13 a 16 - 55 - 60	67,00	3,00	57,00	77
201	Ibiraçu	Kinzigito	14 a 16 - 22 - 24	30,00	0,00	24,00	1.200
202	Ibiraçu	Kinzigito	8,5 - 12	80,00	5,80	6,20	666
213	Itarana	Biot. granada gnaissse	14 a 16 - 55	85,00	3,00	52,00	666
297	Montanha	Granito porfiroblástico	18 - 24	104,00	0,50	23,50	53
298	Montanha	Granito porfirobl. (+ manto)	17 a 20,50 - 30 - 90	123,00	1,00	89,00	401
299	Montanha	Granito porfirobl. (+ manto)	15 a 17 - 112	146,00	4,00	108,00	23
300	Montanha	Granito porfiroblástico	24 - 60	117,00	0,00	60,00	571
301	Montanha	Granito porfiroblástico	24 - 32	80,00	1,00	31,00	514
302	Montanha	Granito porfiroblástico	41 a 42 - 60	80,00	0,00	60,00	1.000
303	Montanha	Granito porfiroblástico	15 a 18 - 23 a 27	104,00	1,00	26,00	270
429	Aimorés	Charnockito	24 - 27	60,00	2,10	24,90	999
436	Aimorés	Charnockito	21 - 31	60,00	2,70	28,30	1.488
444	Alpercata	Gnaissse		121,70	3,00	118,70	62
449	Ataléia	Granito	45	56,00	1,50	43,50	17.000
521	Governador Valadares	Gnaissse	18 - 89	110,00	4,60	84,40	85
527	Governador Valadares	Gnaissse		61,00	9,50	51,50	4.289
532	Governador Valadares	Gnaissse	16	60,00	0,40	15,60	1.671
544	Itabirinha do Mantena	Granito	23 - 25 - 33 - 35 - 38	64,40	3,00	35,00	1.624
575	Mendes Pimentel	Xisto	25 - 45	64,00	3,00	42,00	119
576	Mendes Pimentel	Xisto + gnaissse		99,00	2,10	96,90	2.230
577	Mendes Pimentel	Xisto + gnaissse		96,70	3,04	93,66	127
578	Mendes Pimentel	Xisto + gnaissse		92,60	6,57	86,03	108
607	Resplendor	Gnaissse	20 - 23 - 60	70,00	3,50	56,50	245
608	Resplendor	Gnaissse	17 - 50	53,00	Jorrante	50,00	53
609	Resplendor	Granito		60,00	1,00	59,00	2.000
611	Resplendor	Granito		59,00	2,20	56,80	136
614	Resplendor	Xisto	32 a 34 - 49 a 50	60,00	4,20	45,80	878
615	Resplendor	Gnaissse	46 - 77	80,00	12,00	65,00	148
617	Resplendor	Gnaissse		70,00	10,00	60,00	454
622	Santa Rita do Ituêto	Gnaissse		80,00	2,90	77,10	32
637	Tuniritinga	Gnaissse		60,00	2,20	57,80	7.135

QUADRO: 6.4

**CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS PERFORADOS NO
CRISTALINO**

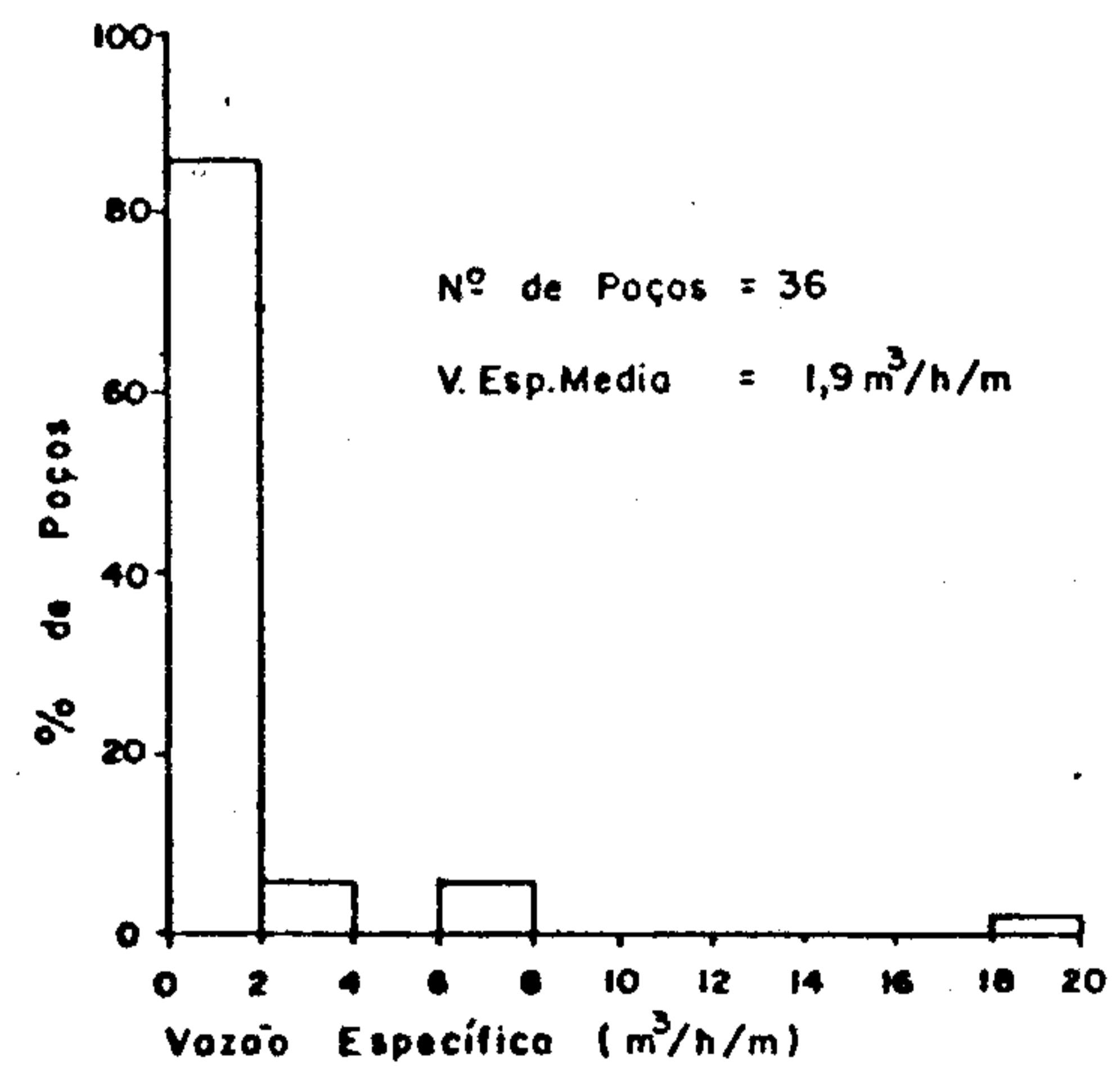
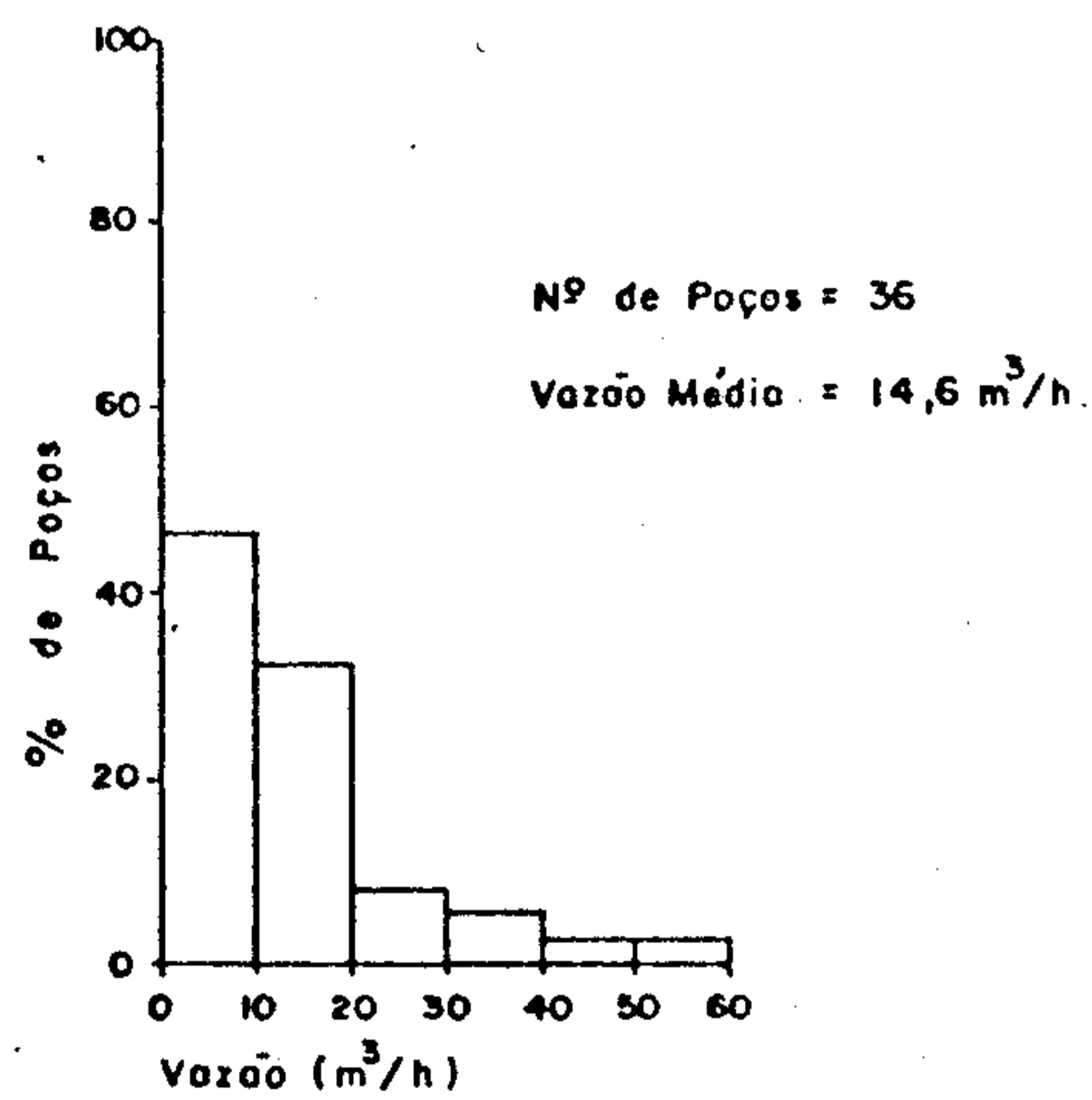
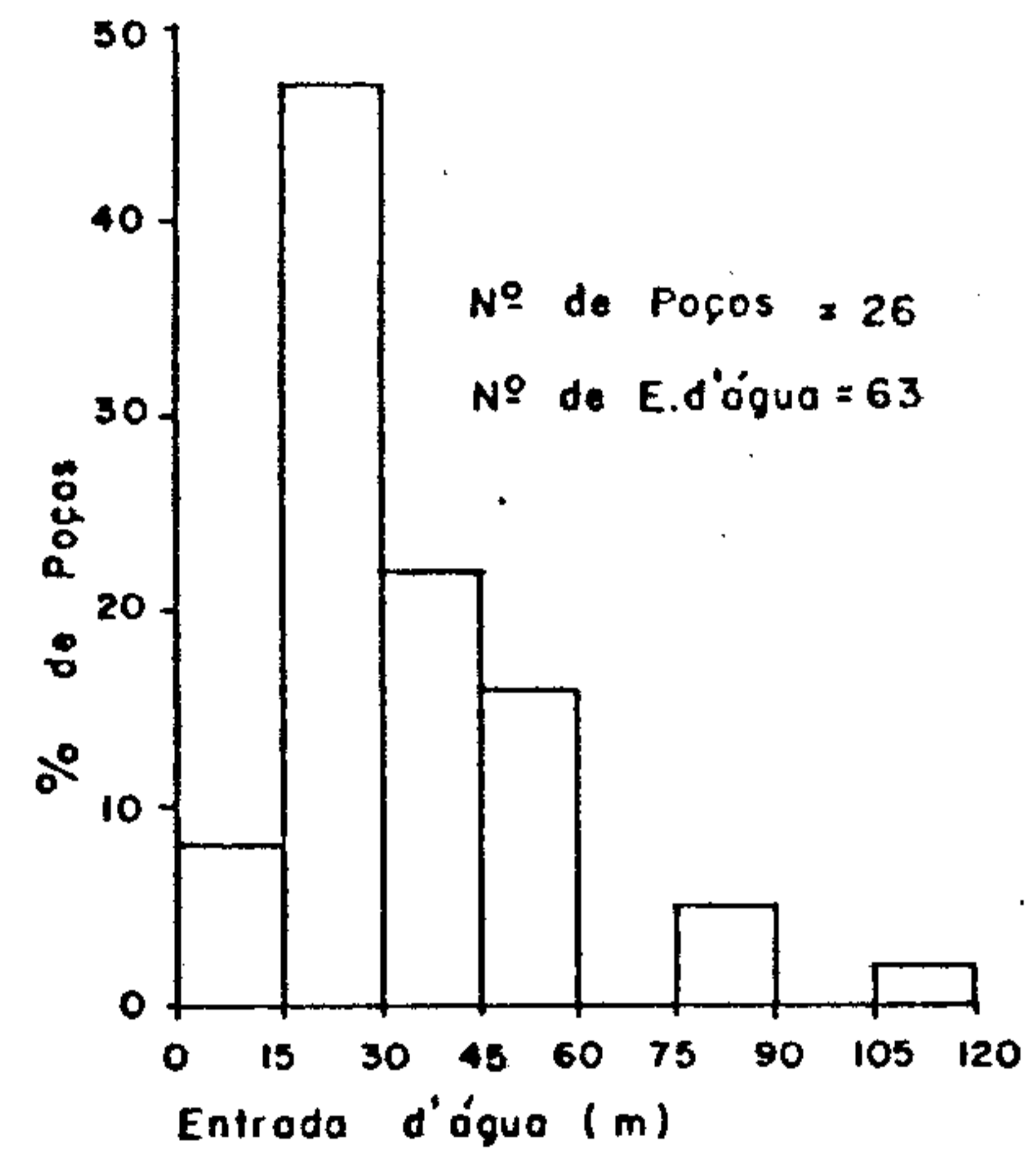
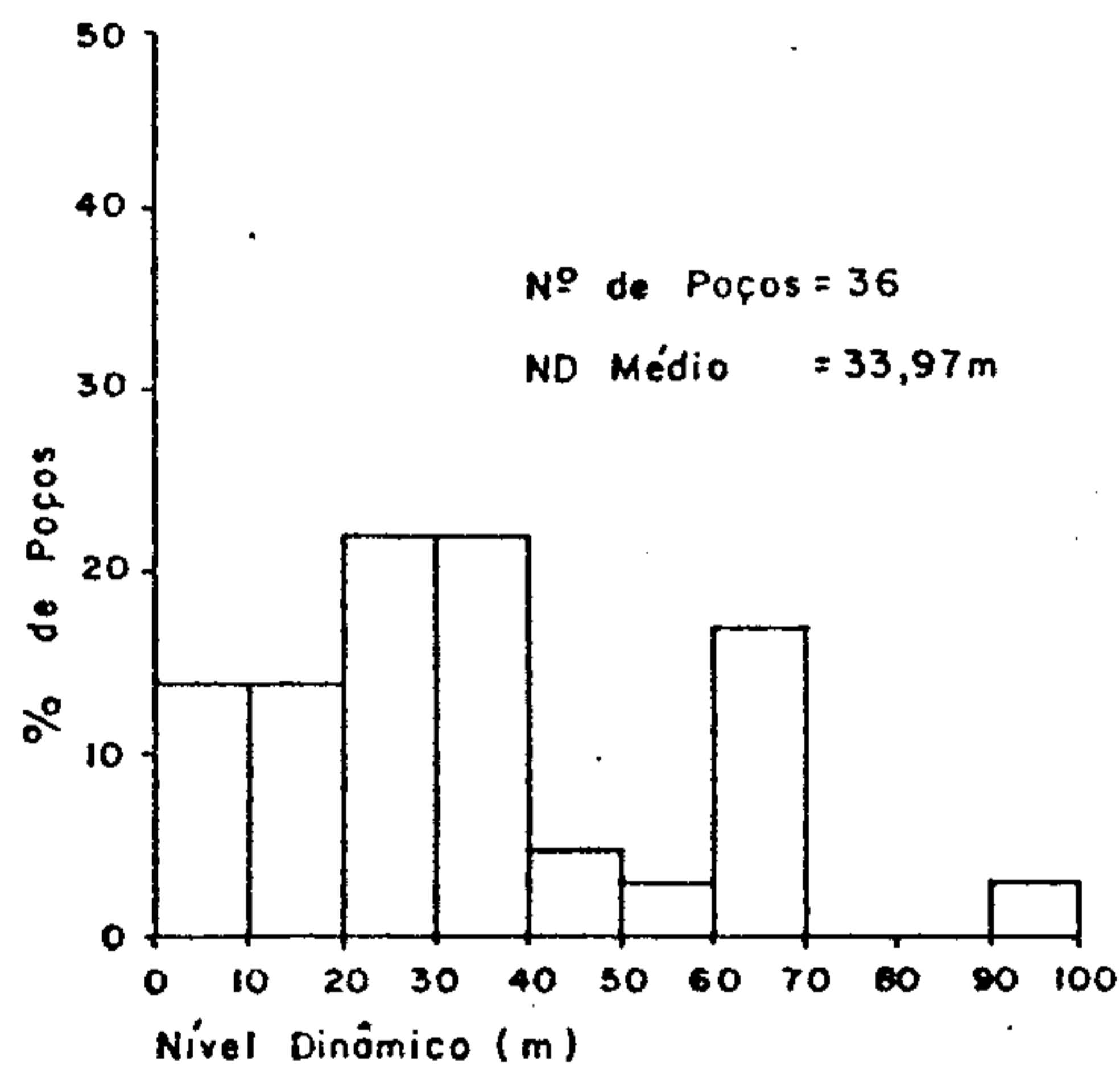
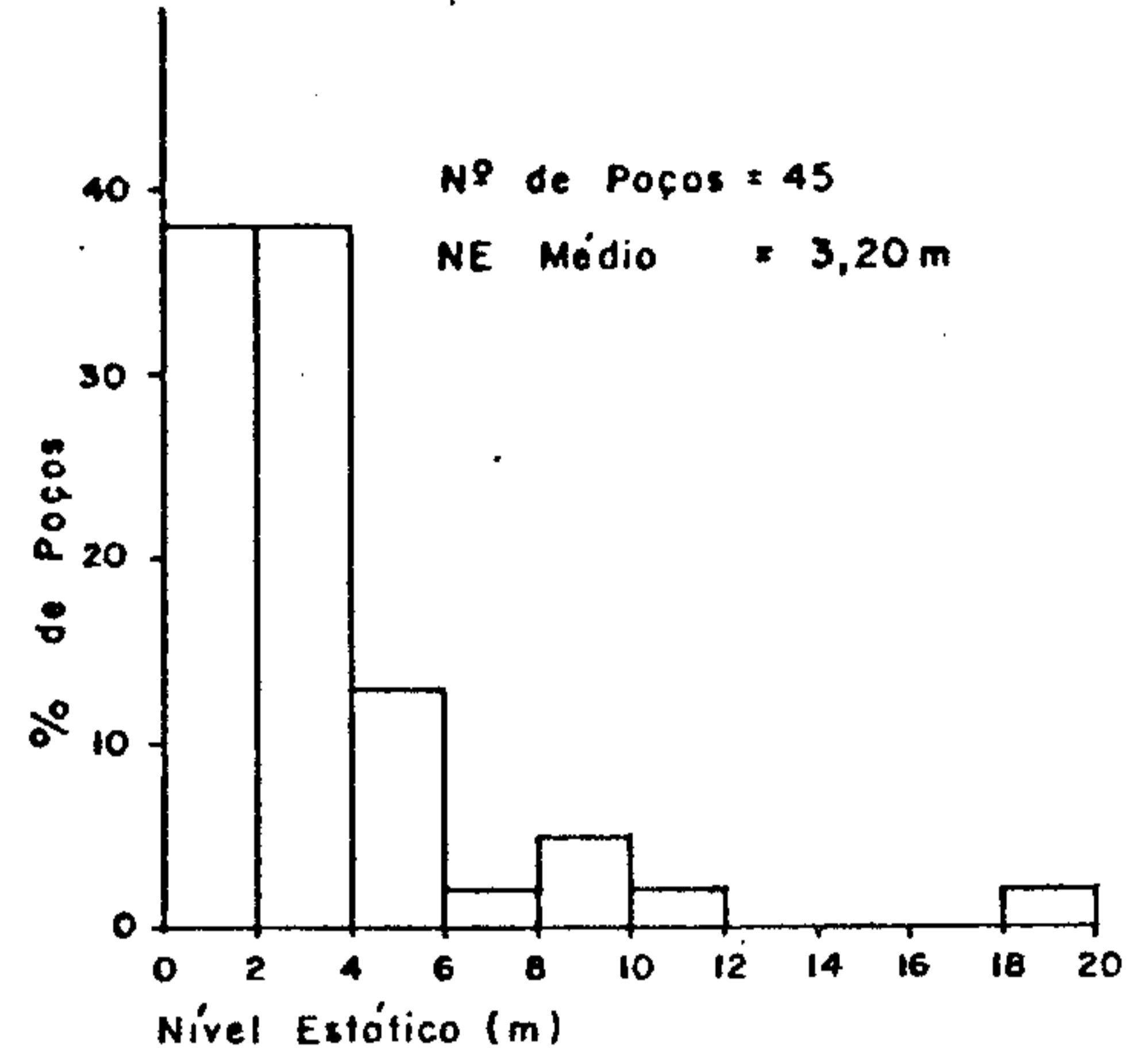
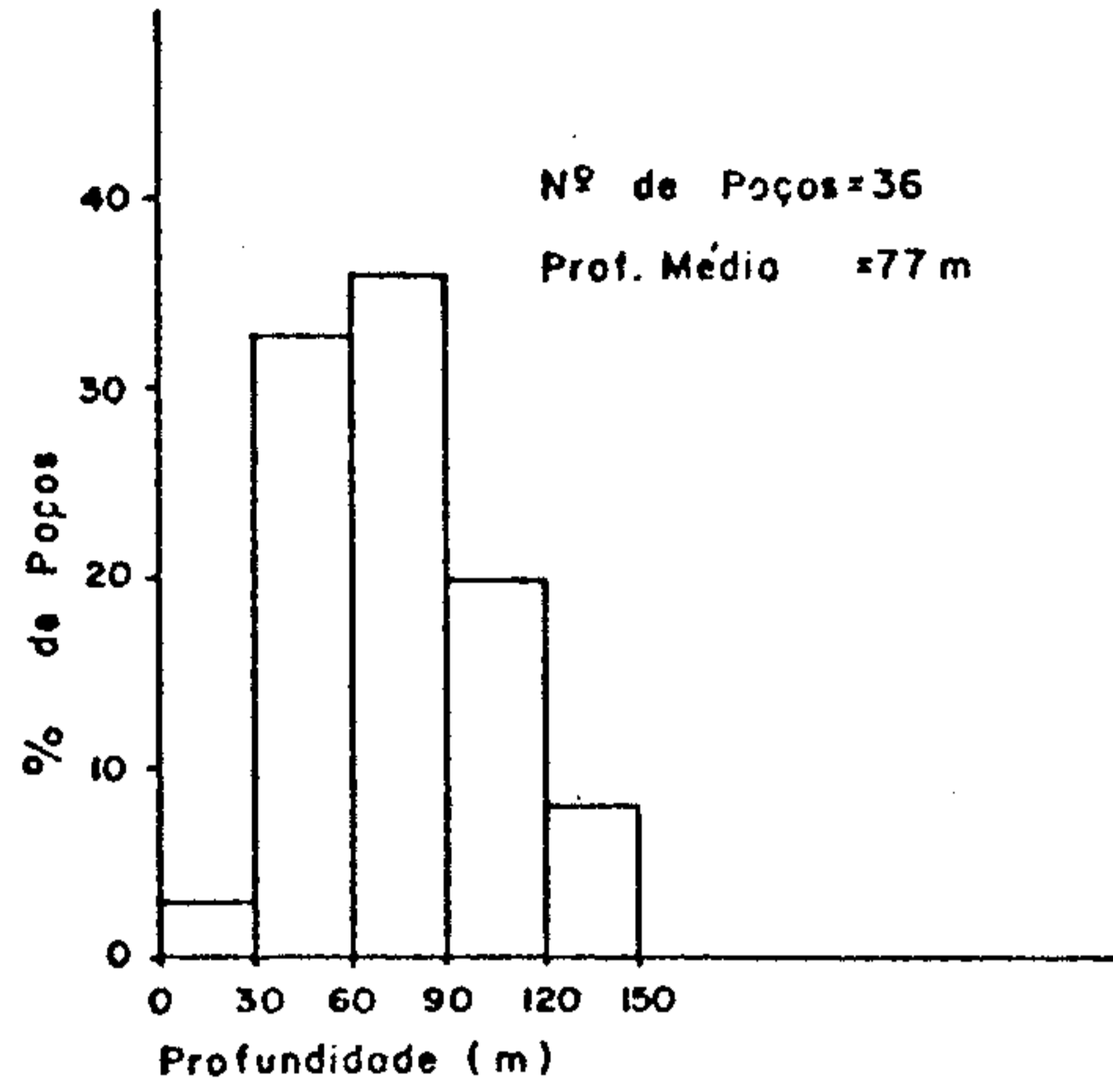


Fig. 6.4

Das características e ponderações apresentadas, admite-se que um poço representativo do aquífero fissurado da área, teria os seguintes elementos:

profundidade	-	65 m
nível estático	-	4 m
nível dinâmico	-	34 m
vazão específica	-	500 l/h/m
entrada d'água	-	de 20 a 45 m
resíduo seco	-	350 mg/l

6.4 Água Subterrânea em Sedimentos

Consoante ao exposto no capítulo 5.3, a ocorrência de água subterrânea em rochas granulares, está relacionada a 4 sistemas de aquíferos:

- a - Sedimentos aluviais flúvio-marinhos e fluviais
- b - Coberturas detríticas
- c - Grupo Barreiras
- d - Formação Rio Doce

Na faixa de ocorrência destes sedimentos, foi constatada a existência de apenas 10 poço tubulares, nas seguintes condições: 3 obstruídos e abandonados, 1 em funcionamento normal, mas sem informações, 4 em desuso mas em bom estado de conservação e 2 em perfeitas condições. Em nenhum há disponibilidade de piezômetros. Todos começam ou no Barreiras ou nos sedimentos aluviais, e devem alcançar a Formação Rio Doce. Mas, os perfís existentes não informam sobre isto, já que não tiveram preocupações estratigráficas. A sua posição acima se baseia numa precária interpretação dos perfís litológicos, tendo em vista a espessura da ordem de

80 m, aceita para aquelas coberturas, na área. Os trabalhos da Petrobrás, relativos à subsuperfície, descrevem o pacote sedimentar à partir do topo do chamado Grupo Espírito Santo, desprezando, portanto, as coberturas superficiais.

Assim é que, as inferências aqui apresentadas, se baseiam nesses poucos poços tubulares, num razoável número de poços escavados e fontes, e em informações bibliográficas (Petrobrás) no que tange à Formação Rio Doce, que praticamente, não aflora na área.

O resto da sequência do Grupo Espírito Santo, desde a base da Formação Rio Doce até o embasamento, não será tratado por falta de elementos e por estar em profundidade antieconômica, no atual estágio de desenvolvimento hidrogeológico.

6.4.1 Características Litológicas e Dimensionais

6.4.1.1 Sedimentos aluviais flúvio-marinhos e fluviais

Estes sedimentos ocupam uma vasta área rebaixada do leste da Folha Rio Doce-SO, caracterizada pelo gradiente mínimo dos rios, inúmeras lagoas e turfeiras e elevada pluviosidade. Tais condições favorecem a potencialidade do sistema aquífero sotoposto a essa encharcada região. Todavia a fina granulometria da fração arenosa dos sedimentos, aliada à substancial fração argilosa, que se intercalam caoticamente, em virtude das condições geológicas em que se depositaram, dão ao pacote, ao par de uma boa porosidade, uma permeabilidade medíocre. Daí a classificação de seu potencial em "elevado a médio". Sua área de ocorrência é de aproximadamente, 2.700 km^2 , definida por um comprimento de 150 km e

largura média de 20 km. A espessura máxima é da ordem de 80 m.

6.4.1.2 Coberturas detríticas

Essas coberturas areno-argilosas, de origem sedimentar ou residual, dispostas sobre peneplanos isolados, não apresentam, na área, espessura ou continuidade expressivas. Apesar da superfície plana e horizontal, com drenagem pobre, este tipo de aquífero é classificado como de fraco potencial, tendo em vista suas reduzidas dimensões e baixa permeabilidade. Sua importância está em facilitar a alimentação do sistema aquífero inferior, através de retenção temporária das águas pluviais, e suprir pequenas fontes de contato e poços escavados para fins domésticos.

Suas principais áreas de ocorrências estão nos municípios de Resplendor e Conselheiro Pena e ocupam, no máximo, 400 km².

6.4.1.3 Grupo Barreiras

O aquífero constituído pelos sedimentos areno-argilosos, argilo-arenosos e conglomerados ferruginosos ou feldspáticos do Grupo Barreiras, ocupa a faixa leste da área em estudo, em toda sua extensão norte-sul com largura variando de 20 a 90 km, o que corresponde a uma superfície de cerca de 14.000 km². A espessura do pacote é muito variável, já que o embasamento chega a aflorar em alguns pontos, indo de alguns metros até 80 metros na região costeira. A média aceita é da ordem de 35 metros e o nível estático médio é de 11,4 metros. O sistema se comporta como aquífero freático,

de permeabilidade muito variável. Seu potencial é considera
do médio, o que o credencia a suprir, com eficiência, peque
nas comunidades.

6.4.1.4 Formação Rio Doce

Os relatórios da Petrobrás, relativos à inten
sa prospecção petrolífera na área, dão conta da grande espes
sura da Formação Rio Doce, seguramente superior a 500 m na
parte emersa da bacia, e, muito maior ainda, na porção sub
mersa. Quanto à definição da extensão horizontal, entretan
to, há certa dificuldade dado o caráter puntual das informa
ções, interdigitação da formação com outras e sua condição
de não-aflorante. Litologicamente, os perfís se referem a
níveis areníticos, dolomíticos e de areias grosseiras, nota
damente nos membros Piraúna e Piranha, respectivaemnte, supe
rior e inferior, de muito boas porosidade e permeabilidade. O
membro Pirapitanga, intermediário, é altamente argiloso. Es
tas características e a eficiente alimentação asseguram um
elevado potencial hídrico para a Formação Rio Doce.

6.4.2 Alimentação, circulação e exutórios

6.4.2.1 Sedimentos aluviais flúvio-marinhos e fluviais

A alimentação desses sedimentos se realiza a
através da infiltração direta da água das chuvas, das águas
provenientes de fontes do Barreiras, que se escoam para su
perfície plana aluvial e nela se infiltra e, também, atra
vés da influência fluvial, durante os períodos de enchentes.
O escoamento subterrâneo se faz em direção ao mar e aos rios,
que juntamente com a evapotranspiração, aí muito favorecida

pela pequena profundidade do nível freático, constituem os exutórios deste aquífero. A quantificação do escoamento é ainda impossível face a carência de dados.

6.4.2.2 Coberturas detríticas

A alimentação do aquífero dessas coberturas se faz exclusivamente através da infiltração direta da água de chuva, favorecida pela horizontalidade e pobreza de drenagem de sua superfície.

A circulação através dos interstícios desses depósitos varia lateral e verticalmente com a permeabilidade. O escoamento ocorre radialmente para as bordas do depósito, onde há ressurgências em forma de fontes de contato, e verticalmente para o fundo da bacia. Esta componente do escoamento vai abastecer as fraturas do substrato ou, na ausência destas, formar depósitos permanentes em concavidades do embasamento. Tais depósitos afloram, às vezes, em forma de lagoas, nas depressões da cobertura, como na Lagoa Preta, município de Baixo Guandu, e outras menores em Bom Pastor e Baixio, nos municípios de Resplendor e Aimorés. Além das fontes e do suprimento das fraturas sotopostas, a evapotranspiração tem importante papel como exutório desses aquíferos. As fontes observadas revelaram vazões entre 50 e 2.500 l/h, com média de 750 l/h. Os poços escavados apresentam nível estático variando de 0,10m até 6,70m, com a média de 4,30 m.

6.4.2.3 Grupo Barreiras

A alimentação do aquífero Barreiras se baseia, fundamentalmente, na precipitação pluvial sobre sua área de

afloramento. A topografia de seus tabuleiros e a presença de areias residuais, oriundas da lixiviação do próprio Barreiras, e das aluviões, facilitam o processo de infiltração. Há também a contribuição fluvial nos períodos de enchentes.

A equipe deste projeto, em outra oportunidade, mediu a infiltração no Barreiras, em Helvécia, município de Nova Viçosa, a 20 km do limite norte da área atualmente em estudo, usando um infiltrômetro de gaveta. Considerando-se a semelhança de condições, o valor de 15%, ali encontrado, para a taxa de infiltração, pode ser aqui reaproveitado. Ponderando ainda, que o coletor do infiltrômetro estava a 1,20 m da superfície, em posição sujeita, pois, aos efeitos da evapotranspiração. O valor da ETR, média da área em causa, é de 1.009 mm, contra 1.164 mm da pluviometria. Donde se conclui que a evapotranspiração consome 86% do total precipitado, e a taxa de infiltração não deve, efetivamente, ser tão elevada.

Considerando-se a superfície abrangida pelos sedimentos do Barreiras, entre os rios Doce e São Mateus, de 3.270 km², e a pluviometria média anual a que está sujeita, de 1.101 mm (média das estações de Linhares, Regência, Nova Venécia e São Mateus, situadas nos vértices do quadrilátero que delimita a referida área), teremos um volume anual precipitado (V_p) de 3,6 x 10⁹ m³. Pressupondo que o aquífero esteja em equilíbrio hidrodinâmico, pode-se determinar a taxa de infiltração (i) que comanda a alimentação, à partir da relação volume total de escoamento natural (V_e) para o volume total precipitado, assim:

$$i = \frac{V_e}{V_p} \cdot 100$$

$$\text{sendo: } V_p = 3,6 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$$

$$V_e = 2,6 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{ano} \text{ (capítulo 6.5.2.1), tem-se}$$

$$i = \frac{2,6 \cdot 10^7}{3,6 \cdot 10^9} \times 10^2 = 0,72\%$$

Este baixo valor de i , pode ser conseqüência da determinação de V_e , feita com base na Lei de Darcy: $Q = TIL$. Com efeito, o valor de T (coeficiente de transmissibilidade) merece reservas, face à precariedade dos dados que conduziram a ele (cap. 6.5.2.1).

O mapa isopiezométrico do aquífero freático do Barreiras, em escala 1:500.000 (Anexo VI.4), foi elaborado à partir de uma rede de pontos d'água constituída de poços escavados e fontes. As curvas foram traçadas obedecendo a equidistância de 10 metros, sendo a de valor máximo a de 150 metros e a de zero metros, já fora do Barreiras, a de valor mínimo. A curva de 10 m é a que coincide, grosso modo, com a frente de escoamento do Barreiras. A disposição geral das linhas isopiezométricas é norte-sul, com inflexões para oeste-leste, nas proximidades dos principais drenos. Assim, o escoamento das águas subterrâneas se faz, predominantemente de oeste para leste, com vergências locais, de sentidos generalizados, para o leito dos rios. O gradiente hidráulico médio, determinado na porção situada entre os rios Doce e São Mateus, a mais característica, é de $2,5 \cdot 10^{-3}$ ou 0,25%. Os sedimentos do Barreiras constituem um aquífero eminentemente transmissor de água para os exutórios comuns: o mar, os rios, as fontes e surgências difusas. Havendo também, infiltração verticais para a Formação Rio Doce e embasamento cristalino, além da evapotranspiração que é sempre um exutório importante.

6.4.2.4 Formação Rio Doce

Tendo em vista as características da Formação Rio Doce, é difícil conceber para ela, um outro tipo de ali mentação, quantitativamente significativo, que não o indire to, através de infiltração vertical descendente, proveniente dos sedimentos aluviais e Barreiras. Por falta de dados, não se pôde elaborar um mapa piezométrico deste aquífero. Crê-se, todavia, que o escoamento se faça no sentido do mar, que é, certamente, seu principal exutório. Fala-se aqui em "principal", porque não se pode descartar a possibilidade de haver confinamento sob pressão, ensejando o fenômeno des te aquífero abastecer outro, fora do alcance de observação direta.

6.4.3 Características Hidrodinâmicas

Diante do reduzido número de poços tubulares (apenas sete aproveitáveis) em rochas sedimentares, pouco se pode concluir a respeito das características hidrodinâmicas desses aquíferos. Além de escassos, os poços existentes cap tam água de mais de um aquífero, como se pode observar no quadro 6.5.

A equipe deste projeto realizou dois testes de bombeamento, nos poços 041 e 053, e aproveitou dois ou tros, efetuados pela CERB, nos poços 016 e 017. Desses tes tes, cujos resultados são apresentados no anexo V, se deduzi ram os valores do coeficiente de transmissibilidade (T) cons tantes do quadro 6.5. Tais valores, obtidos pelo método de Jacob, com base nos dados de recuperação do NE no próprio poço bombeado, constam apenas como ilustração do que se ten

CARACTERÍSTICAS DE POÇOS TUBULARES EM ROCHAS SEDIMENTARES

Nº DE PONTO	MUNICÍPIO/ LOCAL	GEOLOGIA	PROFUNDIDADE (em m)	NE (em m)	ND (em m)	REBAIXAMENTO (em m)	VAZÃO (l/h)	VAZÃO ESPECÍFICA l/h/m	ENTRADA D'ÁGUA (m)	COEFICIENTE DE TRANSMISSIB. T
016	Mucuri / Cidade	Seds. Aluviais e formação Rio Doce	112,30	3,80	20,02	16,22	27.288	1.682	87 a 89 93 a 97	$0,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
017	Mucuri / Cidade	Seds. Aluviais e formação Rio Doce	100,00	Jorrante	37,98	37,98	16.740	440	89,5 a 93,5 100 a 106	$3,19 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
040	Aracruz / Coqueiral	Barreiras e formação Rio Doce	188,60	22,00	120,00	98,00	4.000	41	45 a 48 84 a 90 102 a 138	*
041	Aracruz / Coqueiral	Barreiras e formação Rio Doce	162,00	16,00	55,00	39,00	12.000	308	47 a 155	**
042	Aracruz / Coqueiral	Barreiras e formação Rio Doce	153,00	16,00	70,00	54,00	4.000	74	50 a 145	***
043	Aracruz / Coqueiral	Barreiras e formação Rio Doce	158,00	23,00	92,00	69,00	10.000	145	110,93 a 145,93	
053	Aracruz / Vila Riacho	Seds. Aluviais e formação Rio Doce	161,00	2,00	17,00	15,00	60.000	4.000	16,59 a 20,09 108,05 a 115,05 147,91 a 151,41	$3,39 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

QUADRO: 6.5

* 10 lances de filtros de 3,55m nesses intervalos - total: 35,5m

** 7 lances de filtros de 3,50m nesse intervalo - total: 24,5m

*** 6 lances de filtros de 3,50m nesse intervalo - total: 21,0m

tuou fazer, devendo ser encarados com muita reserva. Na ver
dade, nada autoriza a atribuir esses valores a aquíferos es
pecíficos.

Para o Barreiras foi utilizada uma rede de po
ços escavados ou cisternas e fontes naturais, que permitiu
a elaboração do mapa piezométrico (anexo VI.4). As fontes
apresentaram vazões de 50 a 30.000 litros por hora, e as ci
sternas mostraram profundidades desde 0,60 metros até 34,50
metros, com NE entre 0,20 metros e 30,80 metros. As médias
desses valores, para 38 fontes e 91 cisternas, são:

Fontes: Vazão média de $15 \text{ m}^3/\text{h}$

Cisternas: Profundidade média de 13,50 m

Nível estático médio de 11,40 m

Valores bastante coerentes com a situação geral
observada.

6.5 Estimativa das Reservas das Águas Subterrâneas

Este trabalho integra um inventário de âmbito
nacional, em escala 1:500.000. Esta não é, evidentemente, a
escala mais indicada para um dimensionamento acurado de re
servas. Além disto, para efeito operacional, o trabalho é
atacado por áreas limitadas por coordenadas geográficas, o
que as torna suscetíveis a influências externas, nos dois sen
tidos. Isto é, não se abordam sistemas aquíferos ou bacias
hidrológicas integrais. Diante destas limitações, e da es
cassez de dados que permitissem determinar parâmetros lo
cais, este capítulo tem caráter preliminar e superficial, u
tilizando-se, eventualmente, de dados obtidos alhures, sob
condições semelhantes.

6.5.1 Rochas Fissuradas

O sistema aquífero das rochas fissuradas, en globando também o seu manto de intemperismo, que é um mero retentor inicial, apresenta um equilíbrio hidrodinâmico, tal que, o volume anualmente explorável, sem acarretar danos ao aquífero, é igual ao anualmente infiltrado.

O volume de água restituído anualmente pode ser determinado pela fórmula:

$$V_r = \Delta h \cdot A \cdot S, \text{ onde:}$$

V_r = volume de água restituído (m^3)

Δh = espessura restituída (1,22 m - cap. 6.3.1)

S = coeficiente de armazenamento ($4 \cdot 10^{-3}$ - cap.6.3.1)

Assim,

$$V_r = 1,22 \cdot 34,4 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 168 \cdot 10^6 m^3.$$

Ou, simplesmente, multiplicando-se o volume precipitado pela taxa de infiltração, como no capítulo 6.3.4.

Este é, portanto, o volume que se pode tirar anualmente do aquífero, sem afetar o equilíbrio ou as reservas permanentes.

6.5.2 Rochas Granulares

O aquífero das coberturas detríticas, dada a sua insignificância dimensional, não será aqui abordado.

Quanto aos aquíferos dos sedimentos aluviais e Formação Rio Doce, reitera-se aqui a convicção de se tratarem dos melhores aquíferos regionais. A produtividade dos

poços que supostamente atingem estes aquíferos, sua eficaz alimentação, suas dimensões e informações, contidas nos relatórios da Petrobrás, com base em perfilagem elétrica, dando conta de sedimentos embebidos de água doce, de "boa porosidade e permeabilidade", reforçam esta hipótese.

Se se considera a área de 2.700 km² dos sedimentos aluviais, e uma espessura média saturável de 40 m (a máxima é 80 m), e uma porosidade de 5% (bastante baixa para englobar também a elevada fração de sedimentos finos, inclusive argila), ter-se-á:

$$V_p = 2,7 \cdot 10^9 \cdot 40 \cdot 5 \cdot 10^{-2} = 5,4 \cdot 10^9 \text{ m}^3$$

Este seria um volume admissível para a reserva permanente do aquífero dos sedimentos aluviais.

Quanto à reserva restituível anualmente, tomando-se uma taxa de infiltração de 0,72% semelhante à do Barreiras, para não incorrer em grandes erros, ter-se-ia:

$$V_r = 1,101 \cdot 2,7 \cdot 10^9 \cdot 0,72 \cdot 10^{-2} = 2,1 \cdot 10^7 \text{ m}^3/\text{ano.}$$

Estes valores sugerem uma ordem de grandeza das reservas com a preocupação de não as superdimensionar.

Para a Formação Rio Doce tais valores seriam, certamente, algumas dezenas de vezes maiores, tendo em vista a maior amplitude de seus domínios.

6.5.2.1 Aquífero Barreiras

Este aquífero é aqui individualizado em virtude do maior acervo de dados a ele relativos, assim como do caráter aflorante de seus sedimentos, cujas características

litológicas e dimensionais são passíveis de constatação direta.

Na área contígua, ao norte da presente, foram utilizados para efeito de cálculo, valores médios de outras regiões, para os coeficientes de transmissibilidade, armazenamento e porosidade útil (Achão, S.M. - pág. 73):

$$T = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$S = 5 \cdot 10^{-3}$$

$$\mu = 12 \cdot 10^{-2}$$

Petrocchi, M.L. (inérito) encontrou na região de Vinhático, município Montanha, um valor de $T = 0,55 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, utilizando ponteiros e poços escavados.

Em teste realizado no poço RD.S0-041, que atravessa o Barreiras, em Coqueiral, município de Aracruz, a equipe deste projeto encontrou $T = 0,27 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

O valor de $T = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, que à seguir se usará, corresponde à média desses três valores.

A vazão de escoamento natural do aquífero, pode ser calculada através da fórmula representativa da Lei de Darcy:

$$Q = TIL, \text{ onde:}$$

$$Q = \text{vazão do escoamento natural (m}^3/\text{s)}$$

$$T = \text{coeficiente de transmissibilidade (m}^2/\text{s)}$$

$$I = \text{gradiente hidráulico da superfície piezométrica}$$

$$L = \text{largura da frente de escoamento (m)}.$$

Para a já citada área de Barreiras, compreendida pelos rios Doce e São Mateus, temos:

$$T = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s} \text{ (média de valores de áreas análogas e determinados localmente);}$$

$$I = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ ou } 0,25\% \text{ (média dos valores do gradiente hidráulico obtidos do mapa piezométrico);}$$

$$L = 185 \text{ km ou } 185 \cdot 10^3 \text{ m (largura da frente de escoamento determinada por curvímetro);}$$

$$1 \text{ ano} = 3,15 \cdot 10^7 \text{ seg,}$$

donde:

$$Q = 1,8 \cdot 10^3 \cdot 2,5 \cdot 10^3 \cdot 185 \cdot 10^3 \cdot 3,15 \cdot 10^7$$

$$Q = 2.622 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{ano, para a frente de escoamento de } 185 \text{ km.}$$

Este volume anualmente escoado, pela frente relativa à área de 3.270 km^2 , dividido pelo volume anualmente precipitado na mesma área dá a taxa de infiltração:

$$i = \frac{2,6 \cdot 10^7}{3,6 \cdot 10^9} \times 10^2 = 0,72\%$$

Para a área total do Barreiras, de 14.000 km^2 , sujeita a uma pluviometria média anual de 1.164 mm , tem-se um volume anualmente infiltrado de:

$$V = 14 \cdot 10^9 \times 1,164 \times 7,2 \cdot 10^{-3} = 1,17 \cdot 10^8 \text{ m}^3$$

Este volume representa os recursos hídricos anualmente disponíveis, sem prejuízo para o aquífero.

À reserva permanente corresponde a quantidade de água armazenada no aquífero, suscetível à restituição por

gravidade (ou água de saturação) e que se poderia obter, teoricamente, no caso de um literal esvaziamento do aquífero. Tratando-se como se trata, de aquífero livre, o volume da reserva permanente é dado pela fórmula:

$$V_R = A \cdot h \cdot \mu, \text{ onde:}$$

$$V_R = \text{volume d'água armazenado (m}^3\text{)}$$

$$A = \text{área de afloramento (m}^2\text{)}$$

$$h = \text{espessura da camada saturada (m)}$$

$$\mu = \text{porosidade útil (\%)}$$

sendo:

$$A = 14.000 \text{ km}^2, h = 35 - 11,4 \text{ (espessura média admitida para o Barreiras menos nível estático médio verificado)} = 23,6 \text{ m, e}$$
$$\mu = 12 \cdot 10^{-2}, \text{ tem-se:}$$

$$V_R = 14 \cdot 10^9 \cdot 23,6 \cdot 12 \cdot 10^{-2} = 4 \cdot 10^{10} \text{ m}^3$$

A reserva explorável é, usualmente, equiparada ao volume total do escoamento natural, para defini-la como o volume de água que se poderia solicitar de um aquífero, sem afetar a reserva permanente. Este conceito rígido, entretanto, não tem suporte lógico para definir numericamente uma reserva explorável. Um conceito mais flexível, permitiria uma exploração superior ao volume do escoamento natural, em época de insuficiência pluviométrica, como foi o ano 1963, para aguardar uma compensação na recarga, em período de pluviosidade excepcionalmente alta, como o de 1979.

Os recursos de água subterrânea podem, portanto, acompanhar os ditames da sócio-economia regional, atendendo as necessidades do desenvolvimento populacional, e

agrícola. Isto sem se perder de vista os fatores hidrológicos, geotécnicos, legais e de qualidade da água.

7. HIDROQUÍMICA

7.1 Generalidades

O presente estudo hidroquímico das águas subterrâneas visa a definir suas indicações e eventuais limitações, para o consumo humano e animal e uso em irrigação e industrial.

O estudo se baseia fundamentalmente no resultado de 97 análises de águas coletadas em pontos distribuídos em toda a área. A rede de pontos amostrados procurou ser espaçada o mais regularmente possível, elegendo, a aqueles que retratassem o contexto geral, descartando os influenciados por anomalias pontuais. Para isto, análises pré-existentes, efetuadas por terceiros, e determinações de campo, como pH, condutividade elétrica, temperatura e aspectos diretamente observáveis, foram ferramentas valiosas.

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Sedimentometria e Qualidade das Águas (CPRM-BH) e constaram das seguintes determinações: pH, condutividade elétrica, alcalinidade, dureza total, resíduo seco a 110 e 180°C, Cl, SO₄, HCO₃, NO₃, NO₂, Ca, Mg, Na, K, Fe e Al.

Os valores dos elementos mais importantes, assim como as principais relações iônicas, itb (índice de troca de base) e SAR (razão de adsorção de sódio) são apresentados no catálogo geral de pontos d'água (anexo III.3).

Das 97 amostras, 32 procederam de fontes, sendo 25 em área cristalina e 7 em sedimentos, 51 de poços escavados, sendo 32 no cristalino e 19 em sedimentos, 11 de poços tubulares, dos quais, 8 no cristalino e 3 em sedimentos e 3 de rios.

As análises que apresentaram erros além do admissível foram repetidas (8) ou abandonadas (5).

7.2 Composição Química das Águas

A análise de todo o conjunto de amostras utilizado mostra a predominância do cloreto, sobre os demais anions: 63% das águas são cloretadas, enquanto 32% são bicarbonatadas, 4% mistas e apenas 1% são sulfatadas. Entre os cations, o sódio com 85% do total, predomina amplamente sobre o cálcio com 7%, e as águas mistas com 8% (onde se incluem também o sódio e o cálcio).

A discriminação dos tipos de águas, através de diagramas triangulares (figs. 7.1 e 7.2), apresentou o seguinte resultado:

Cloretada sódica	-	30
Cloretada sodo-cálcica	-	5
Cloretada sodo-magnésiana	-	5
Cloretada-bicarbonatada sódica	-	7
Cloretada-bicarbonatada sodo-cálcica	-	6
Cloretada calco-magnésiana	-	1
Cloretada-sulfatada sódica	-	1
Cloretada mista	-	1
Cloretada bicarbonatada mista	-	2
Bicarbonatada sódica	-	7
Bicarbonatada sodo-cálcica	-	8
Bicarbonatada cálcica	-	1
Bicarbonatada calco-sódica	-	3
Bicarbonatada calco-magnésiana	-	1
Bicarbonatada-cloretada sódica	-	3
Bicarbonatada-cloretada sodo-cálcica	-	1

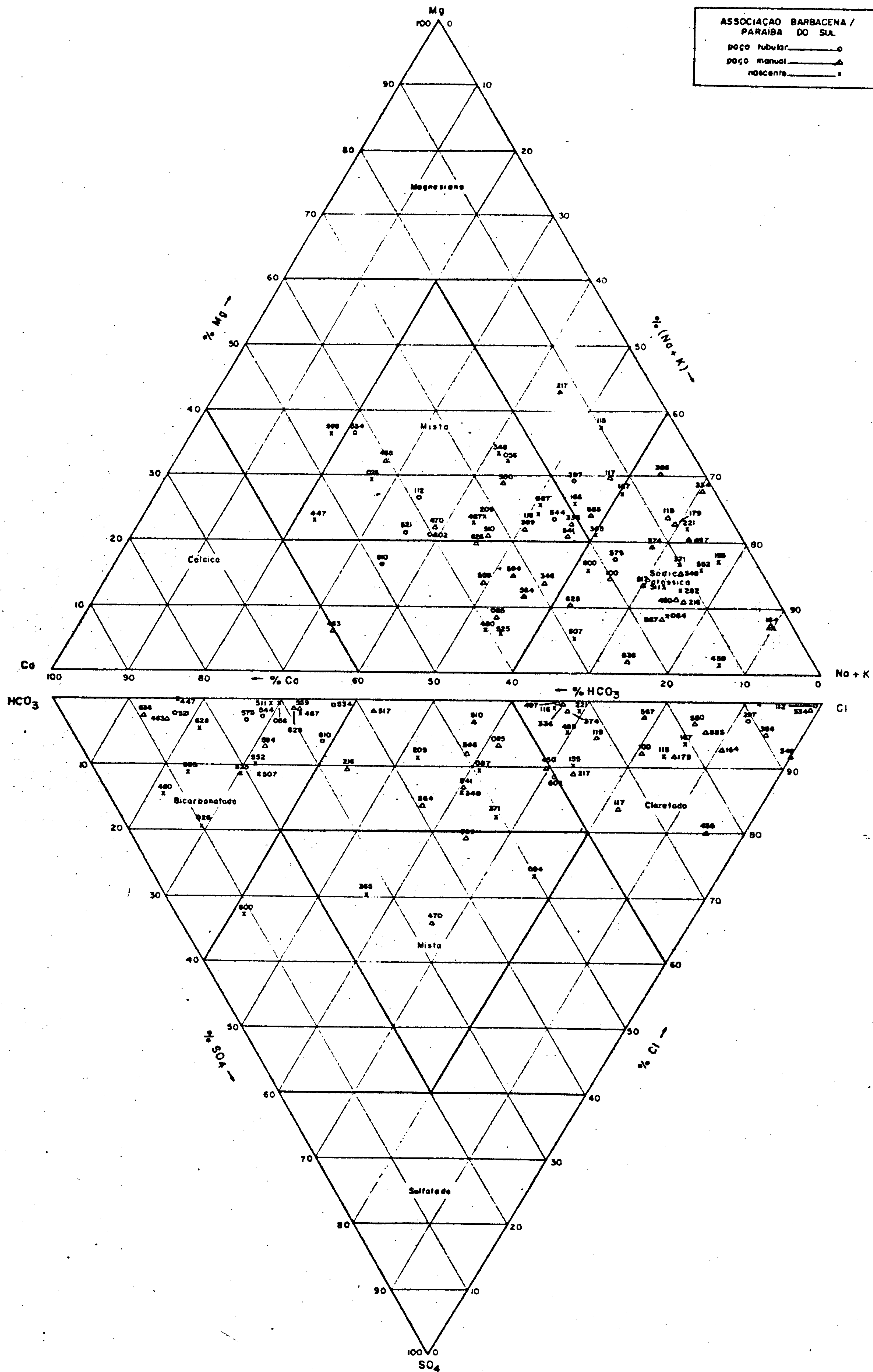


FIG. 7.1

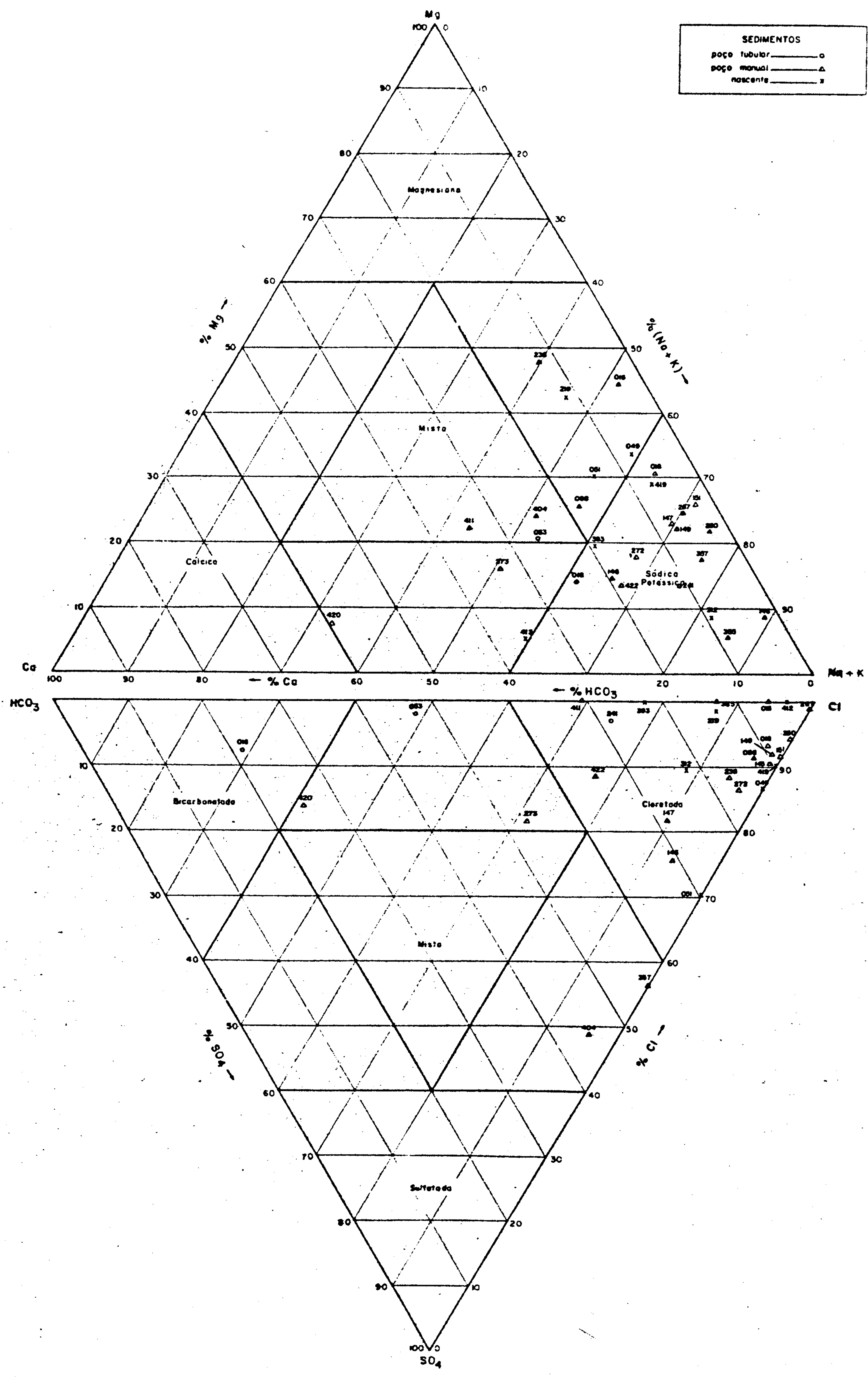


FIG. 7.2

Bicarbonatada-cloretada calco-sódica	-	1
Bicarbonatada-cloretada mista	-	1
Bicarbonatada-sulfatada sódica	-	1
Bicarbonatada mista	-	2
Sulfatada-cloretada sódica	-	1
Mista sódica	-	2
Mista mista	-	2

O resultado das análises mostra ainda que, considera das em conjunto, 34% das águas possuem condutividade elétrica inferior a 100 micromhos/cm, a 25°C, 22% entre 100 e 200, 16% entre 200 e 300, 8% entre 300 e 400, 7% entre 400 e 500 e 13% superior a 500. No quadro 7.1, onde está representada a distribuição de frequência dos resíduos secos, a 110°C, pode-se notar que 81% das amostras apresentam valores inferiores a 300 mg/l, e que 7% delas ultrapassam 600 mg/l.

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIAS DOS RESÍDUOS SECOS

Resíduo seco (mg/l)	Nº DE AMOSTRAS	FREQUÊNCIA (%)	
		RELATIVA	ACUMULADA
0 - 100	37	38	38
100 - 200	26	27	65
200 - 300	16	16	81
300 - 400	5	5	86
400 - 500	5	5	91
500 - 600	2	2	93
> 600	6	7	100

QUADRO: 7.1

Quanto ao pH, as águas procedentes da zona .94.

sedimentar apresentam valores entre 4,1 e 7,8, com média de 5,3. As águas são predominantemente ácidas já que 48% têm pH entre 4 e 5, 23% entre 5 e 6, 19% entre 6 e 7 e 10% acima 7. Para a área cristalina o pH varia de 4,3 e 8,1 com média 6,6. As águas são predominantemente ácidas a . ligeiramente ácidas: 8% com pH entre 4 e 5, 15% entre 5 e 6, 47% entre 6 e 7, 29% entre 7 e 8 e 1% acima 8. As coletadas em poços es cavados, em toda a área, apresentaram pH médio de 5,9, as de nascentes 6,2 e as de poços tubulares 7,1.

A dureza apresenta um valor médio de 53,0 mg/l de CaCO_3 , ou $5,3^\circ\text{F}$ ($1^\circ\text{F} = 10 \text{ mg/l}$). Segundo a classificação de Klut Olszewski (quadro 7.2), 79% das águas são "muito mo les", 11% são "moles", 5% são "algo duras" e 5% "muito du ras".

CLASSIFICAÇÃO DE DUREZA DE KLUT OLSZEWSKI

Dureza até 7°F	água "muito mole"
Dureza de 7 e 12°F	água "mole"
Dureza de 12 e 20°F	água "algo dura"
Dureza acima de 20°F	água "muito dura"

QUADRO 7.2.

A figura 7.3 indica haver um relacionamento grosseiro das águas bicarbonatadas com a zona de rochas cris talinas, e das cloretadas com os sedimentos. Os fatores cli máticos, todavia, parecem exercer influência mais decisiva. O sistema orográfico, por exemplo, que controla a pluvios idade, define com mais precisão os limites desses domínios. O das águas cloretadas avança para além do contato dos sed imentos, até encontrar a barreira montanhosa e estende-se para o interior através das depressões desta. A água das

PRINCIPAIS TIPOS QUÍMICOS DE ÁGUAS

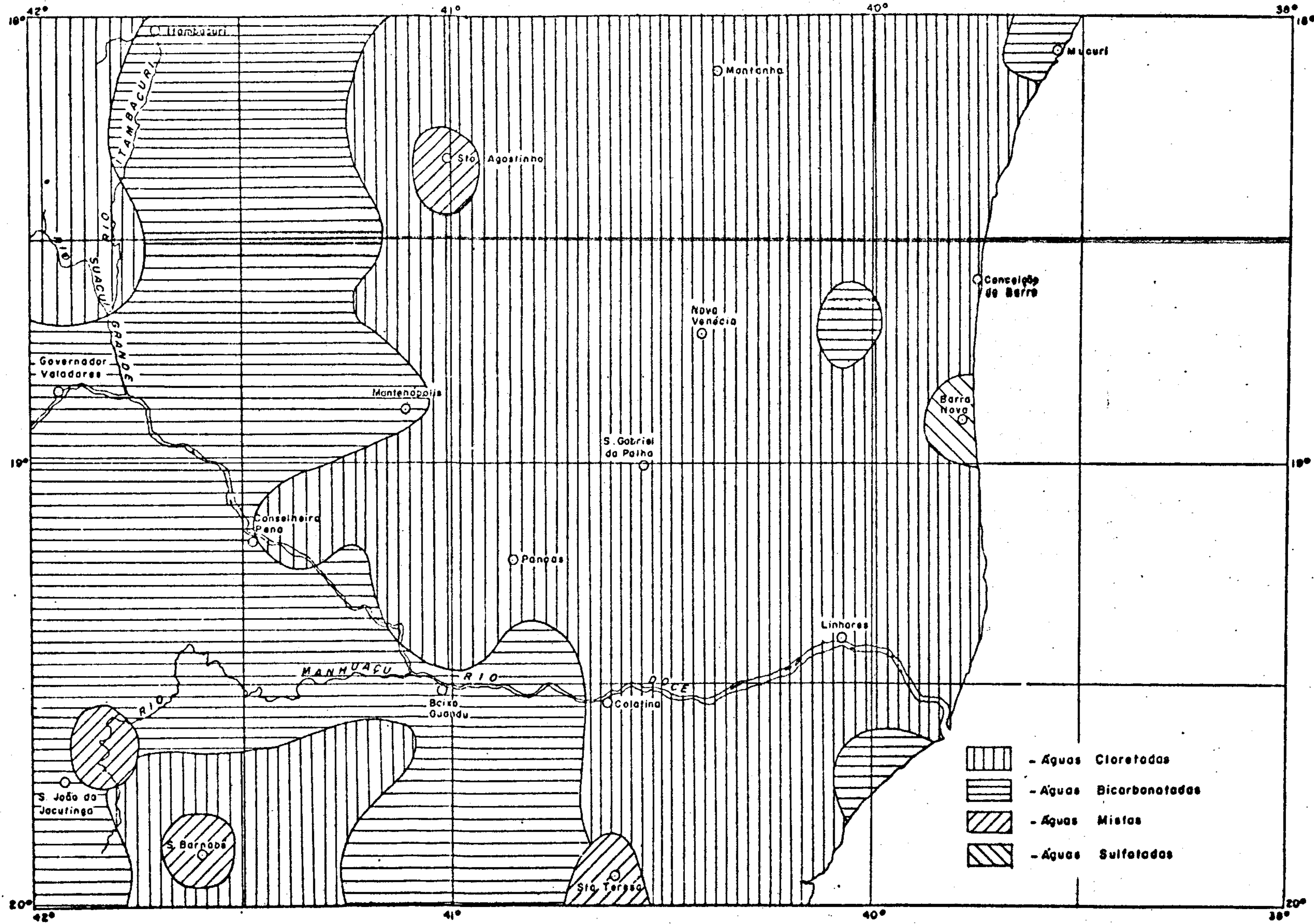


Fig. 7.3

chuvas é, provavelmente, um importante veículo nos aportes de cloretos. As três zonas anômalas, de águas bicarbonatadas, em pleno domínio das cloretadas (fig. 7.3), foram detetadas através de amostras de águas provenientes de profundidades superiores a 30 metros.

As águas mistas, que ocupam pequenos domínios isolados, estão relacionadas a áreas de intrusivas de composição variada, como em Santo Agostinho, ao norte da área, sobre a divisa MG/ES, em Santa Teresa, ao sul, e nas proximidades de Ipanema, a sudoeste (São Barnabé e São João do Jacutinga). São águas mais ricas em alcalino-terrosos e menos ácidas, mas sem alterações substanciais quanto à concentração de sais.

Um pequeno domínio de águas sulfatadas foi constatado a leste da área, nas proximidades de Barra Nova, zonas de turfeiras, campo de petróleo e gás. Refere-se a ambiente redutor portanto.

O mapa hidroquímico (anexo VI.6) apresenta os diagramas de STIFF para águas representativas da área. Nesses diagramas estão plotados, em miliequivalentes por litro, os teores em Na + K, Ca e Mg, à esquerda, e Cl, HCO₃ e SO₄ à direita. Do mesmo mapa constam também o número do ponto d'água amostrado e o valor do resíduo seco em miligramas por litro. O mapa permite, portanto, a imediata visualização da concentração individual e conjunta dos principais elementos da amostra representativa, bem como da distribuição regional desses elementos.

Seis zonas de salinação relativamente alta podem-se destacar: leste de Linhares (sedimentos aluviais), ar

redores de Nova Venécia e Colatina (fora das aluviões), zona cristalina de Montanha (norte do ES), faixa de Bom Pastor (município de Resplendor) a Mantenópolis (ES) e faixa de NE de Governador Valadares para Nova Módica. Todas elas marcadas por deficiente circulação subterrânea e forte evaporação.

7.3 Qualidade das Águas para Consumo Humano e Animal.

A adequação da água para o consumo humano é determinada por suas características físicas, químicas e bacteriológicas. Estas últimas, entretanto, não foram abordadas neste estudo porque, além de onerosas, envolvem processo de coleta e transporte de amostras muito rigoroso, incompatível com a escala do trabalho. A análise físico-química, entretanto, pode definir a potabilidade da água.

Com efeito, a presença de nitritos e concentrações de nitratos acima de 6 mg/l, indicam poluição, geralmente associada a atividade humana: currais, chiqueiros, fossas, lixo etc. Este tipo de poluição só atinge águas de pequena profundidade, afetando mormente os poços domésticos desprovidos dos desejáveis cuidados sanitários.

O conceito de potabilidade, entretanto, só é invalidado pela presença de altas doses de sais, já que os micro-organismo patogênicos, eventualmente presentes, podem ser eliminados por processos convencionais de depuração.

A classificação das águas segundo sua potabilidade, foi feita através da tabela constante do quadro 7.3, proposta por Schoeller (1965). Por essa classificação os teores em Na, Ca, Mg, Cl e SO₄, assim como o resíduo seco, tomados em mg/l, mais a dureza em graus franceses (grau

hidrométrico), são relacionados ao sabor a 20°C e à potabilidade.

PADRÕES DE POTABILIDADE DE SCHOELLER

	POTABILIDADE PERMANENTE				POTABILIDADE MOMENTÂNEA
	BOA	PASSÁVEL	MEDÍOCRE	MÁ	
SABOR A 20°C (PESADA, AMARGA, SALGADA etc)	AGRADÁVEL	FRACAMENTE PERCEPTÍVEL	POUCO PRONUNCIADO	POUCO DESAGRADÁVEL NO MÁXIMO	DESAGRADÁVEL
RESÍDUO SECO	0 - 500	500 - 1000	1000 - 2000	2000 - 4000	4000 - 8000
Na	0 - 115	115 - 230	230 - 460	460 - 920	920 - 1840
GRAU HIDROMÉTRICO	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 80
EM GRAU 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

QUADRO 7.3

De um total de 92 amostras testadas, obteve-se o seguinte resultado:

- em relação ao resíduo seco, 92% das águas são de potabilidade permanente boa, 7% passável e 1% medíocre; em relação ao sódio, 97% boa, 2% passável e 1% medíocre; em relação ao Mg e Ca e à dureza, 98% boa, 2% passável e, finalmente, em relação ao SO₄, 100% boa.

À guisa de confirmação utilizou-se também o diagrama logarítmico de Schoeller-Berkaloff, que além de Ca, Mg, Na, Cl, SO₄ e dureza, introduz o K, HCO₃ e pH. Nesse diagrama foram checadas 34 amostras, representativas de grupos litológicos, figs. 7.4 a 7.8, com resultado positivo, a menos de alguns valores de pH, que não chegam a inviabilizar a potabilidade, por serem facilmente corrigíveis.

De um modo geral, portanto, as águas estudadas não apresentam restrições para o consumo humano.

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA

TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO

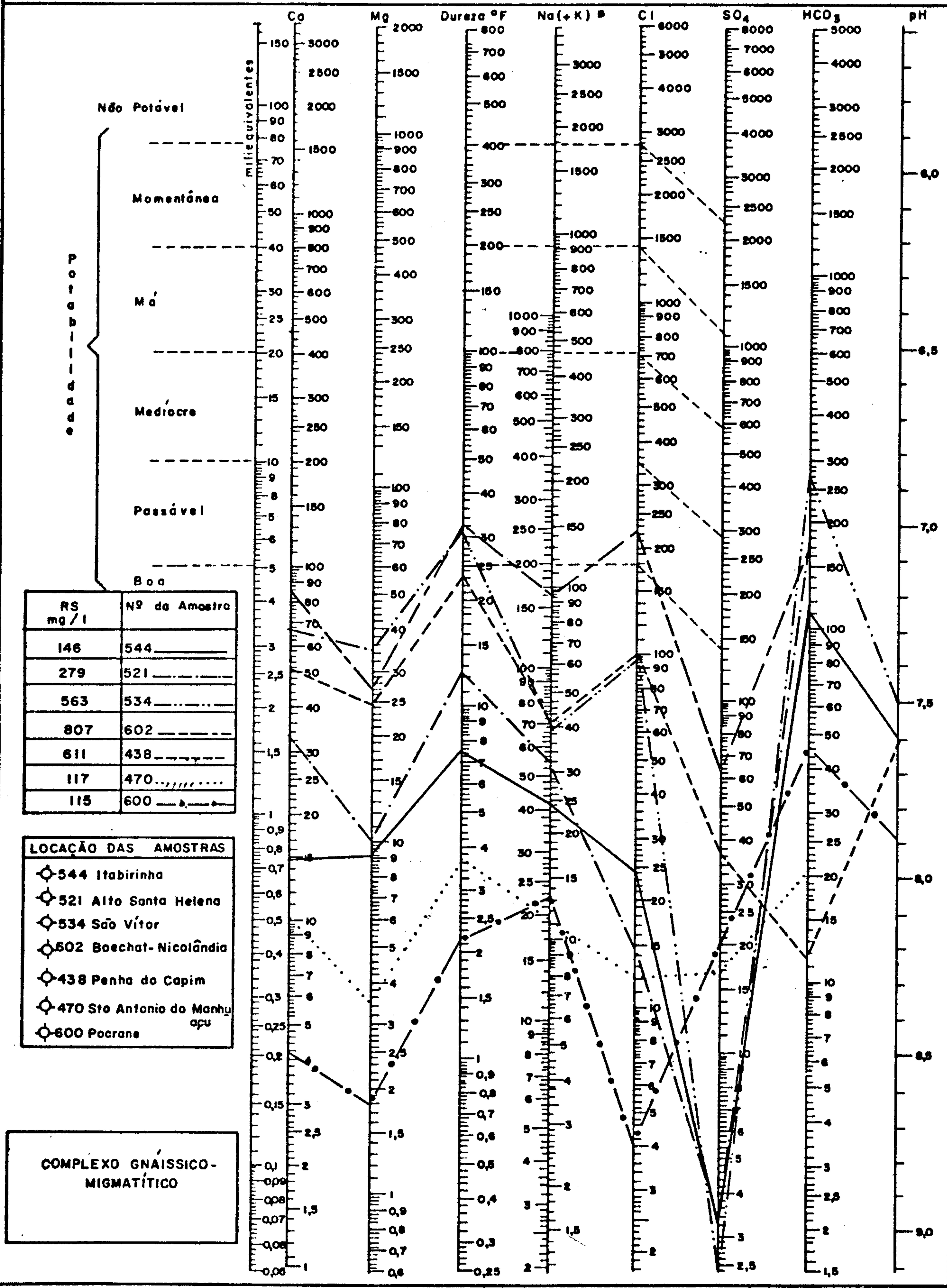
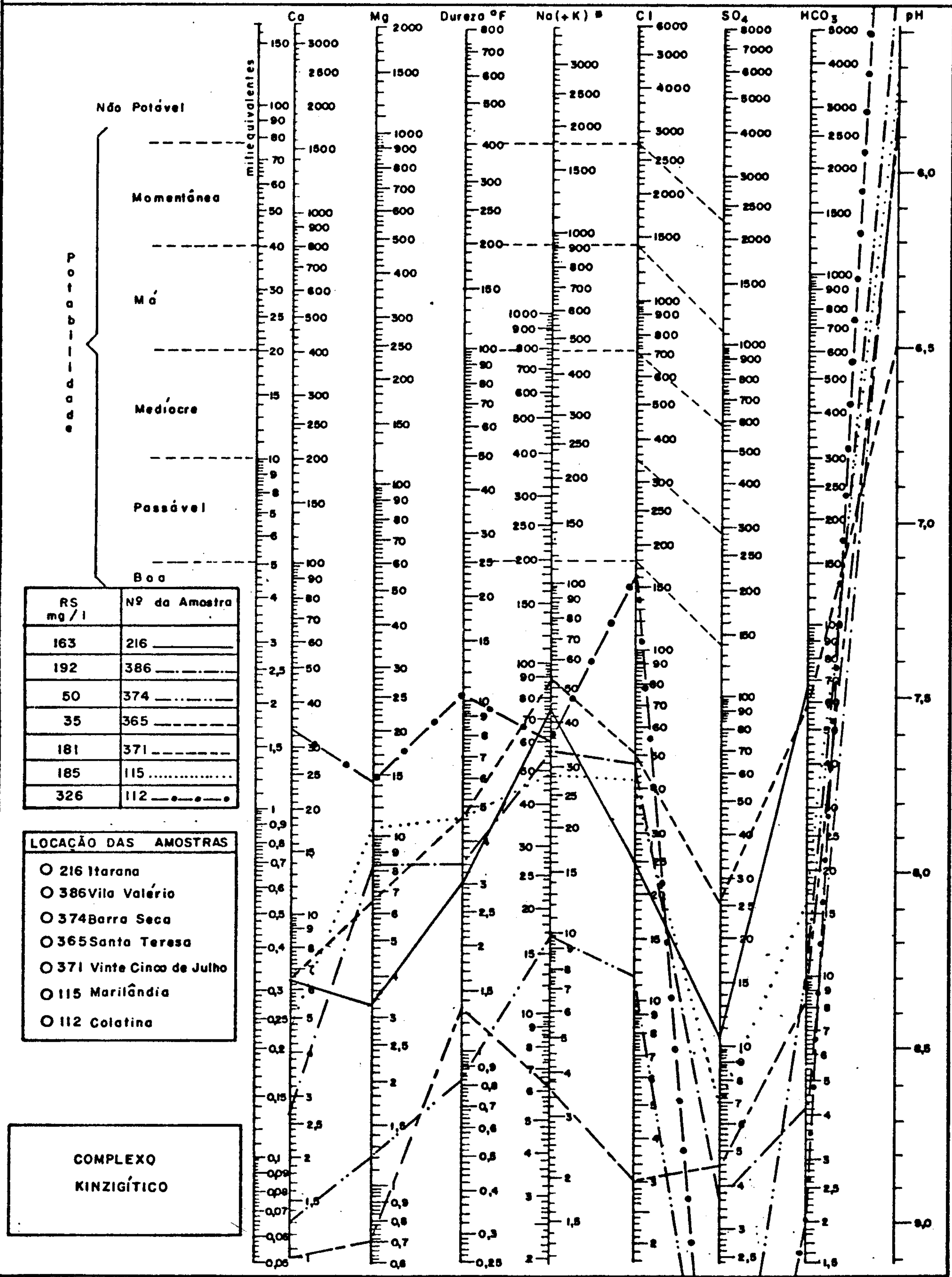


FIG. 7.4

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA

TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO



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

FIG. 7.5

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA

TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO

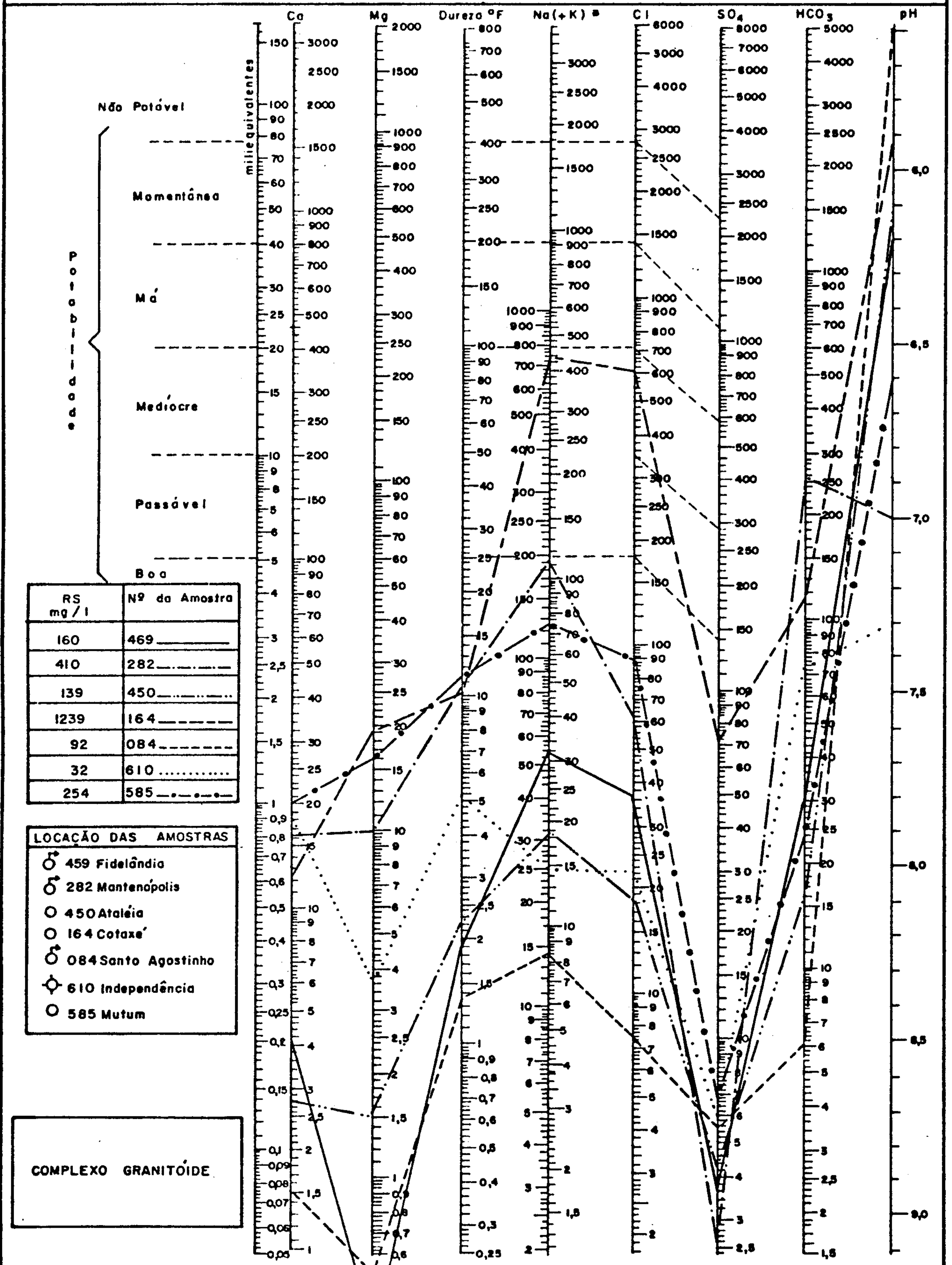
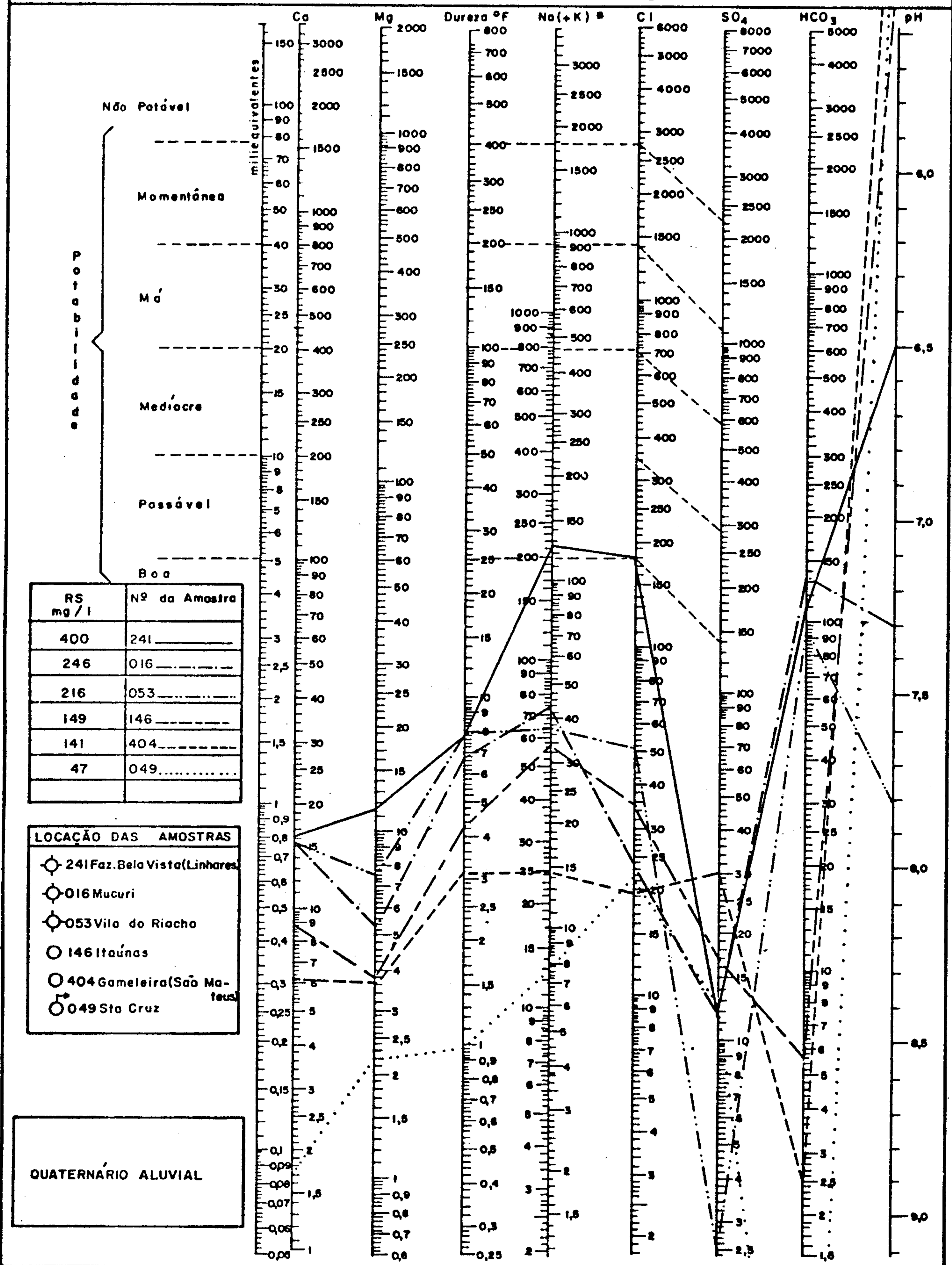


FIG. 7.6

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA

TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO

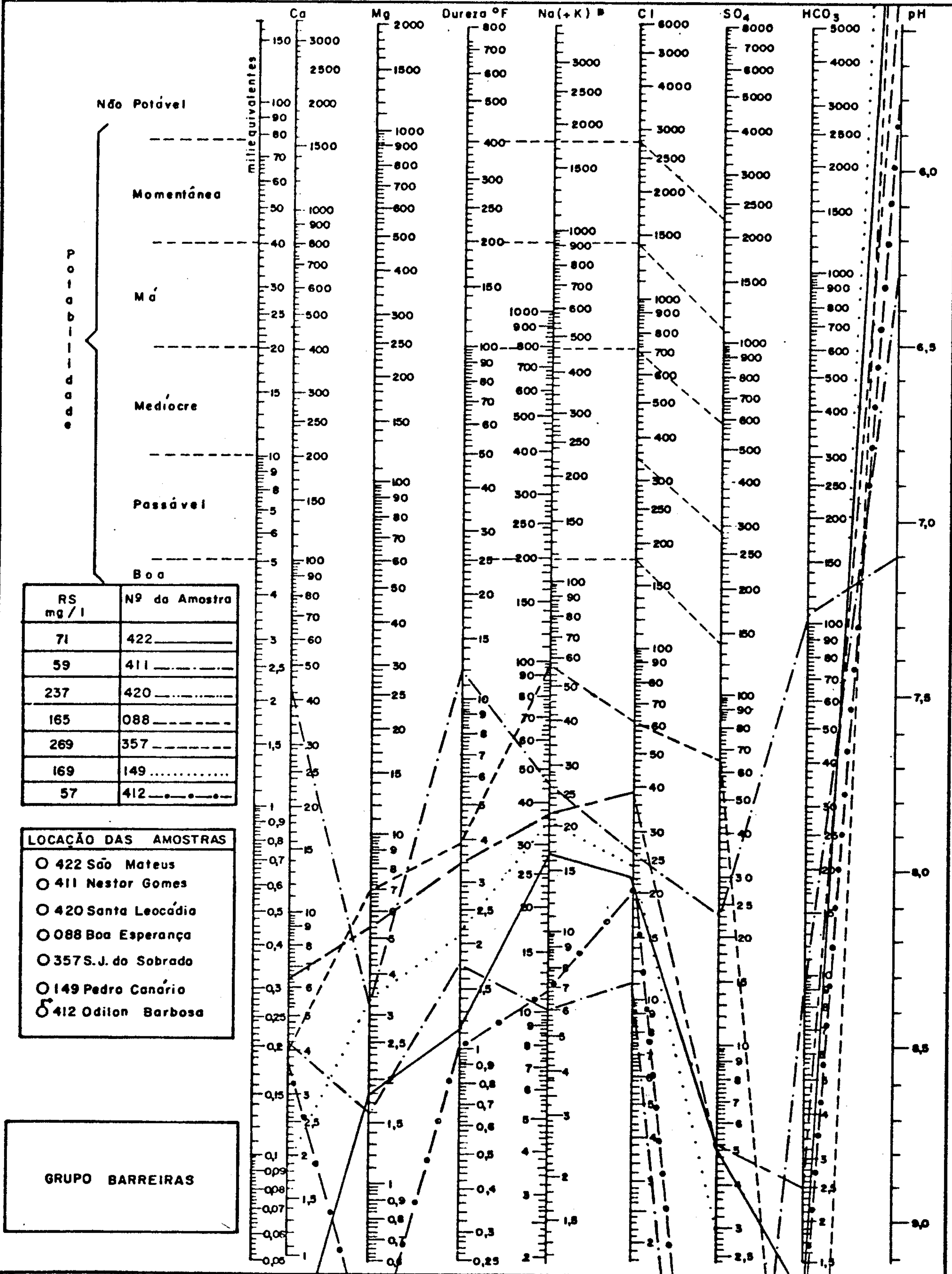


* Na (+K) transformar K em equivalente Na e somar

FIG. 7.7

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA

TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO



RS mg/l	Nº da Amostra
71	422
59	411
237	420
165	088
269	357
169	149
57	412

LOCAÇÃO DAS AMOSTRAS	
○	422 São Mateus
○	411 Nestor Gomes
○	420 Santa Leocádia
○	088 Boa Esperança
○	357 S.J. do Sobrado
○	149 Pedro Canário
○	412 Odilon Barbosa

GRUPO BARREIRAS

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

FIG. 7.8

Para os animais, os limites de potabilidade são bem mais amplos e se baseiam apenas nos valores de resí
duo seco.

O quadro 7.4 mostra os limites internacional
mente aceitos (Leal, 1970), segundo o animal usuário.

LIMITES DE POTABILIDADE PARA ANIMAIS

Animal	Resíduo Seco em Mg/l
Aves	2.860
Porcos	4.290
Cavalos	6.435
Gado Leiteiro	7.150
Gado de Corte	10.000
Carneiros	12.900

QUADRO: 7.4

Diante desta tabela e dos valores de resí
duo seco constatados na área, pode-se afirmar que todas as águas são de excelente qualidade para o consumo animal.

7.4 Qualidade de Águas para Irrigação

De modo geral pode-se dizer que todas as águas potáveis prestam-se à irrigação, e nem todas as não potáveis são impróprias para este fim. Os principais caracteres das águas que interessam sob o ponto de vista agrícola são: tem
peratura, material em suspensão e composição química.

A relação da temperatura da águas com a tempe
ratura ambiente deve ser considerada. Para os climas tempe
rados a melhor faixa de temperatura é a de 12 a 18°C, haven

do inconveniência no uso daquelas além dos limites de 7 e 40°C.

Os materiais em suspensão, que raramente ocorrem em águas subterrâneas bem captadas, devem ser eliminadas por filtração.

As águas duras são contra-indicadas para irrigação, a menos dos casos de solos carentes de cal. E, mesmo assim, exigiriam cuidados especiais. Mas, é ainda a qualidade química, em última análise, que define a possibilidade do uso das águas na irrigação. Para determiná-la, adotou-se aqui a classificação do "U.S. Salinity Laboratory", baseada num gráfico semilogarítmico, em que são plotados em abcissas os valores da condutividade elétrica em micromhos por centímetro, a 25°C, e em ordenadas os da razão de adsorção do sódio (SAR). Esta razão é calculada à partir dos teores em Na, Ca e Mg, em meq/l, através da seguinte expressão:

$$SAR = \frac{r \text{ Na}}{\sqrt{\frac{rCa + rMg}{2}}}$$

Os tipos de água foram definidos para 87 amostras da área e devem ser encaradas em função do tipo de solo e de cultura que se pretenda implantar.

As figuras 7.9 e 7.10, mostram os gráficos de classificação das amostras, que estão discriminadas por unidades litológicas e procedência (poço tubular, poço escavado ou fonte).

O quadro geral da região é o seguinte: 8 amostras de águas de sedimentos e 19 de cristalino, representando 31% do total das águas da área em estudo, estão engloba

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

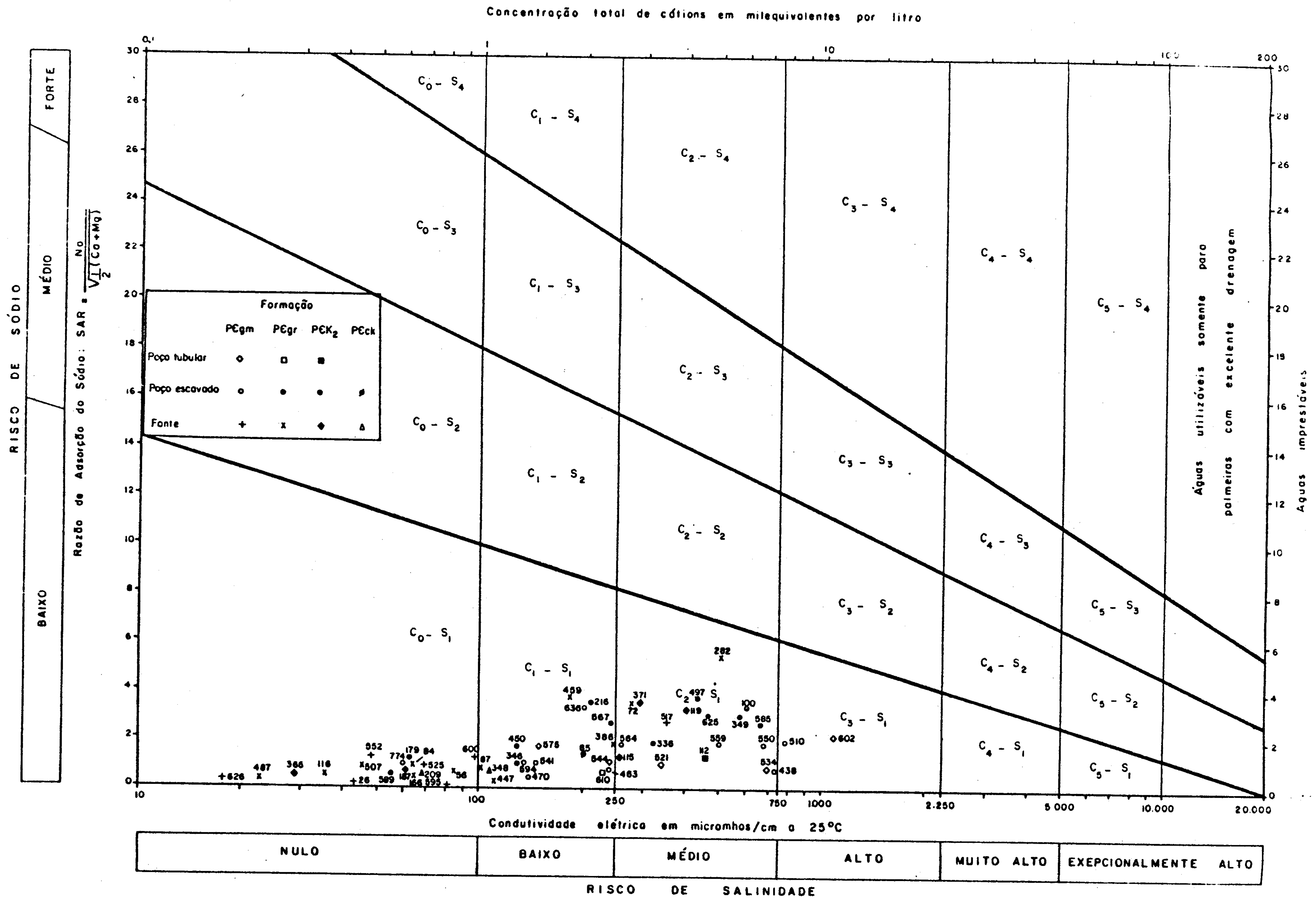


FIG. 7.9

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

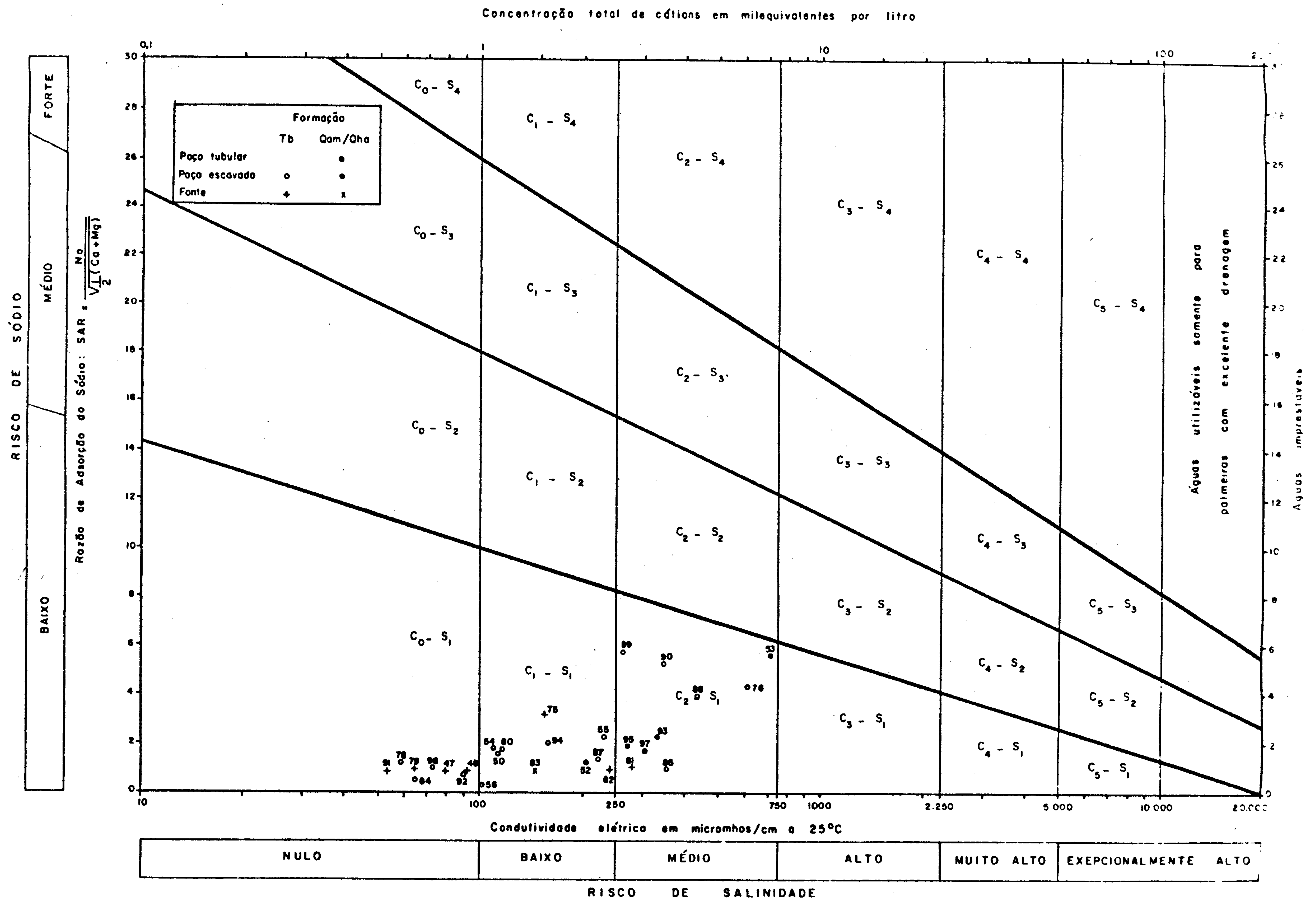


FIG. 7.10

das no campo $C_0 - S_1$, que corresponde a águas de fraquíssima salinidade, pobres em sódio e sem restrição para irrigação. O risco de aparecimento de sódio, em teores passíveis de troca, é mínimo. No campo $C_1 - S_1$, de águas de salinidade fraca (resíduo seco entre 64 e 160 mg/l), fracamente sódicas, podendo ser usadas para irrigação de quase todo tipo de solo, com poucas possibilidades de incidentes de salinação, salvos os casos de solos de muito baixa permeabilidade, e onde os riscos de surgimento de sódio, em teores nocivos, são baixos, estão 11 amostras de sedimentos e 18 do cristalino, ou 33,5% do total.

No campo $C_2 - S_1$, estão 10 amostras de água de sedimentos e 19 do cristalino, representando 33,5% do total das águas, cujas características são: salinidade média (RS entre 160 e 480 mg/l), fracamente sódicas, podendo ser utilizadas em solos moderadamente lixiviáveis, mesmo para plantas de baixa tolerância salina. Os riscos de sódio são ainda baixos. E, finalmente, no campo $C_3 - S_1$ estão duas amostras do cristalino, representando menos de 2% do total, com características idênticas às do grupo anterior, mas altamente sódicas. Podem ser usadas em solos de lixiviação moderada, para qualquer tipo de planta. Há, entretanto, riscos de aparecimento de teores nocivos de sódio, exigindo pois, cuidados especiais, como: boa drenagem, lixiviação e presença de matéria orgânica.

7.5 Qualidade das Águas para Indústria

A área em estudo, no seu contexto geral, oferece boas condições para a implantação de indústrias no que se refere à qualidade de suas águas. Alguns tipos de in

dústria, entretanto, têm exigências rigorosas de qualidade da água, a menos que aceitem comprometer a qualidade de seu produto. Dentre estas estão: cervejaria, alimentos em geral, enlatamento, panificação, gelo, lavanderia, alvejamento de plásticos, papel e polpa, curtimento, têxtil etc, que merecem especial atenção quanto à sua localização. As zonas mais favoráveis à exploração serão abordadas no item 8.2.

8. CONDIÇÕES DE EXPLORAÇÃO E DEMANDA

8.1 Possibilidades de Exploração

A utilização racional dos recursos hídricos subterrâneos está condicionada, entre outros, aos seguintes fatores principais:

- Profundidade de captação
- Profundidade dos níveis d'água
- Capacidade de produção dos poços
- Qualidade química das águas

8.1.1 Profundidade de Captação

No caso dos aquíferos fissurados a profundidade de de captação está relacionada ao alcance do fraturamento em profundidade. Assim, a estatística das entradas d'água, constatadas nos poços existentes, é que vai definir para cada região, a profundidade além da qual, o avanço das perfurações para captação, se torna injustificável.

Dos 26 poços existentes, em área de rochas cristalinas fissuradas, com informações sobre entradas de água, conclui-se o seguinte:

93% das entradas d'água encontradas estão em profundidade inferior a 60 metros. Sendo 8% entre 0 e 15 m, 47% de 15 a 30 m, 22% de 30 a 45 m e 16% de 45 a 60 m. Apenas 7% das fendas produtivas foram encontradas além dos 60 m. Não se justificando, pois, profundidades superiores a 100 m como em vários casos existentes. Acresce-se ainda o fato de, a maiores profundidades, haver substancial redução das dimensões das fraturas, em virtude do aumento da pressão litostática

tica. Assim é que, para os aquíferos fissurados a profundidade máxima, economicamente viável, dos poços é da ordem de 70 metros.

Quanto aos aquíferos granulares, a profundidade de de captação depende da espessura do pacote sedimentar que constitui cada aquífero.

Para as coberturas detríticas, que raramente atingem 20 m de espessura, as captações têm que se basear em todo o pacote, mesmo no caso de poços escavados, dado seu baixo potencial hídrico.

No caso do Barreiras, cuja espessura máxima é da ordem de 80 m, as captações variarão até esse limite, na medida que se desloque do interior para o litoral. Em qualquer ponto perfurado, toda a espessura do pacote tem que ser atingida, já que os leitos arenosos de maior permeabilidade e porosidade, ocorrem erráticamente em toda a coluna.

O mesmo se verifica em relação aos sedimentos aluviais, dos quais se poderão obter boas vazões, desde que se procure atravessar todo o depósito. Sua espessura máxima é também de cerca de 80 m, ao longo da qual se distribuem os horizontes mais favoráveis, no que tange à permeabilidade e porosidade.

Quanto à Formação Rio Doce, que representa o mais promissor aquífero da área e que deverá ser demandado quanto se pretender altas vazões, atinge grandes profundidades em relação às demais. Assim, as captações visando a atingir seu membro Piranha, cujas características hidrogeológicas são as mais promissoras (capítulo 6.4.1.3), deverão ser dimensionadas para atingir profundidade da ordem de 500 metros.

8.1.2 Profundidade dos Níveis D'água

Para os aquíferos fissurados, o nível estático médio, baseado em 45 poços tubulares, é de 3,20 m, sendo que 76% dos valores estão entre 0 e 4 m, 89% têm menos de 6 m de profundidade e os 11% restantes estão entre 6 e 20 m.

Para as coberturas detríticas o nível estático médio é 4,30 m, não ocorrendo valores superiores a 7 m.

Para o Grupo Barreiras o nível estático médio, determinado com base em níveis de poços tubulares (4) e poços escavados, foi de 11,40 m, com os valores variando de conformidade com o posicionamento topográfico de cada poço.

Os poços tubulares, em número de cinco, iniciados nos sedimentos aluviais e que, provavelmente, atingiram a Formação Rio Doce, apresentaram os seguintes níveis estáticos: 2 jorrantes, 2,00 m, 3,55 m e 3,80 m.

Do exposto conclui-se que, a profundidade da superfície piezométrica não oferece qualquer restrição à exploração da água subterrânea em qualquer ponto da área.

8.1.3 Capacidade de Produção dos Poços

Para os aquíferos fissurados, de um total de 36 poços tubulares, deduziu-se uma vazão específica média de $1,9 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, sendo que: 86% apresentaram vazões específicas entre 0 e $2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, 6% entre 2 e $4 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, 6% entre 6 e $8 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ e 2% acima de $18 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$.

Para os aquíferos granulares, além das características de transmissividade, aquelas relacionadas à construção do poço são de fundamental importância. O que não ocor

re no cristalino, onde os poços são, via de regra, livres de revestimento profundo. Com efeito, um mal posicionamento dos filtros, por exemplo, altera profundamente a capacidade de produção dos poços.

Os sete poços existentes em área sedimentar, a apresentam as seguintes vazões específicas: 2 em Mucuri, com 1.682 e 440 l/h/m e um em Vila do Riacho, município de Ara cruz, com 4.000 l/h/m. Estes três em sedimentos aluviais e Formação Rio Doce. Os outros quatro, em Coqueiral, município de Aracruz, pegando Barreiras e Formação Rio Doce, fornecem 41, 308, 74 e 145 l/h/m.

As características de construção desses poços, entretanto, não permitem atribuir esses valores a aquíferos específicos (capítulo 6.4.3).

8.1.4 Qualidade Química das Águas

Quanto à qualidade química, as águas da área em estudo são, em geral, boas para todos os usos. Algumas restrições de carácter local ocorrem, sem no entanto invalidar o contexto geral.

Quanto à potabilidade para o consumo humano, as zonas de Montanha, Cotaxé, Penha do Capim, Bom Pastor Cibrão, Colatina, Nova Venécia e Baixo Guandu, apresentam concentrações relativamente elevadas de sais, o que torna as águas desagradáveis.

Para a irrigação poucas são as que apresentam risco de um enriquecimento nocivo dos teores em sódio. Podemdo todas, com certos cuidados, serem usadas sem maiores perigos.

Para o consumo animal não há restrições. As concentrações salinas mais elevadas são benéficas aos ani mais em geral.

Para o consumo industrial as águas podem aten der à maioria dos casos sem problemas. Tanto assim, que um substancial número de indústrias de laticínios, frigoríficos e até uma de grande porte, de celulose, já operam na região.

Algumas indústrias precisam, entretanto, de maior rigor na escolha de suas águas, notadamente no que se refere à dureza, pH, teores em Fe, Al, F, Mg, SiO₂ etc. Nes tes casos as áreas de Itanhomi, Frei Inocêncio, Frei Serafim, São Vitor, Alto Santo Helena, Matenópolis, São José do Divi no, Independência, Penha do Capim, Assaraí, Mutum, Suiço, Colatina, Cotaxé, Montanha e Mucuri, devem ser evitadas, quando não se pretender investir em minuciosos estudos lo cais.

Por outro lado, a maior parte da área tem aguas boas para todos fins, chegando a excelentes em muitos locais, como invariavelmente ocorre nas chamadas "terras fri as", caracterizadas pela presença de samambaias ou extensos cafezais.

8.2 Zonas Mais Favoráveis para Exploração

A área cristalina da Folha Rio Doce-SO, consi deradas as ressalvas qualitativas anteriormente abordadas, apresenta, de modo geral, boas condições de suprir pequenas comunidades, fazendas etc, através de poços tubulares com profundidades máximas de 80 m, níveis estáticos de 4 m e re baixamentos da ordem de 30 m. Cumpre assinalar, como exem plo, um poço tubular em charnockito, com cobertura eluvial,

em Baixio, município de Aimorés, que supre eficazmente uma grande fazenda, inclusive com irrigação permanente de 50 hectares de cultivo, assistida pelo PROVÁRZEAS.

De um modo geral, as rochas do Pré-Cambriano se acham bastante fissuradas, com exceção daquelas ocorrentes na área de Montanha, e partes, à esquerda do rio Doce, dos municípios de Governador Valadares, Galiléia, Conselheiro Pena e Resplendor, onde são frequentes as elevações tipo pão-de-açúcar.

O armazenamento das águas estando relacionado ao volume de vazios e à intercomunicação hidráulica das fissuras, constituem zonas altamente favoráveis aquelas de maior adensamento das fraturas abertas. Em geral, os sistemas de fraturas transversais e angulares são os que oferecem melhores condições de alimentação, armazenamento e circulação de água.

A locação de poços em áreas cristalinas é sempre uma tarefa difícil e requer, para otimização dos resultados, um bom conhecimento de todos os aspectos influentes, como esforços tectônicos e os condicionamentos morfológico e litológico da área.

Quanto aos sedimentos, as coberturas detríticas de baixa permeabilidade e pequena espessura, não constituem zonas favoráveis. O aquífero Barreiras pode atender finalidades semelhantes às do cristalino. Para tanto, devem merecer prioridade as áreas onde ele apresenta maior espessura. A faixa de 30 km de largura, tendo a BR-101 ao centro, é sob este aspecto, a mais indicada. Os poços devem ser os mais profundos possíveis, visando a captar todos os níveis produtíveis, que ocorrem em toda a coluna e a prever níveis estáticos da ordem de 11m e grandes rebaixamentos. Não há

restrições qualitativas, a não ser casos locais de contaminação bacteriológica, ligada à atividade humana.

Quanto aos sedimentos aluviais e à Formação Rio Doce, a eles sotoposta, não há no presente estágio de estudos, nenhuma recomendação especial de áreas favoráveis. A profundidade com qual se poderão aproveitar todos os horizontes mais produtivos dos sedimentos aluviais é 80 m. Os níveis estáticos e rebaixamentos previsíveis são de 3 e 16 m, respectivamente.

Para a Formação Rio Doce, dependendo das disponibilidades financeiras dos empreendimentos, os poços deverão ser dimensionados para atingirem profundidades da ordem de 500 m. Há perspectivas de se obterem grandes vazões, inclusive através poços jorrantes.

8.3 Demanda e Uso Atual

De acordo com o censo de 1970 (IBGE), a área em estudo tinha um contingente populacional de 2.538.747 habitantes (cap. 4.6). Considerando um consumo médio "per capita" de 200 l/dia, tínhamos um total de demanda, para o consumo humano, em 1970, de $185 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$. Em 1980, esta população será da ordem de 3 milhões de habitantes, se admitida a taxa 20%, que pode ser sacada de uma projeção dos dados do quadro 4.15. A demanda será, então, de $219 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Quanto ao rebanho, quantificado no quadro 4.18, admitindo-se o consumo médio por cabeça de 50 l/dia para bovinos e equinos, de 25 l/dia para suínos, de 20 l/dia para caprinos e ovinos, de 70 l/dia para 100 aves e os classificados como "outros" a 20 l/dia, teremos uma demanda, para

1970, de $32 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Tendo em vista que o rebanho deve acompanhar o aumento da população, que é, em última análise, a consumidora de sua produção, e que as áreas de reflorestamento por eucaliptos e de plantio de café, tomadas às pastagens, são contrabalançadas pelas novas áreas pastoris que ocupam o vazão deixado pelo desmatamento sistemático da última década, pode-se admitir uma taxa também de 20%, para o cálculo do rebanho de 1980. Feito isto, ter-se-á uma demanda atual para o consumo animal de $38 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Para a irrigação e indústria, ainda incipientes na área, a estimativa de demanda, baseada em pesquisa da equipe deste projeto durante a fase de campo, é de $8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Assim, a demanda atual para toda a área é de $265 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, volume este, que pode ser suprido pelas reservas renováveis dos aquíferos (cap. 6).

Quanto ao uso atual das águas subterrâneas é insignificante, tanto em relação às reservas quanto à demanda. Comprovando, o que já foi dito antes, que o grosso do suprimento se faz por águas superficiais.

Na área cristalina estima-se (capítulo 6.3.4) uma utilização de 0,7% das reservas renováveis, e na área sedimentar, a utilização é de 0,2% das mesmas reservas, apenas do aquífero Barreiras.

9. CONCLUSÕES

a - Do ponto de vista hidrogeológico destacam-se na área dois grandes sistemas aquíferos: aqueles por fissuração das rochas cristalinas, que ocupam dois terços do centro e oeste da área estudada, e os granulares, representados pelos sedimentos que cobrem o seu terço oriental.

b - Os aquíferos fissurados têm um potencial hídrico que varia de muito fraco a fraco, conforme o grau de fraturamento, as condições de preenchimento desse fraturamento e a presença de coberturas. As zonas mais arrasadas ou de alinhamentos pronunciados, de forte tectonismo, com coberturas autóctones ou alóctones, são as mais favoráveis ao armazenamento. O contrário se passa nas zonas pegmatitizadas ou de morros arredondados de superfície nua.

c - Os aquíferos granulares, têm potencial variável segundo a permeabilidade dos sedimentos e suas características dimensionais: nas coberturas detríticas é muito fraco, no Barreiras vai de fraco a médio e nos sedimentos aluviais e Formação Rio Doce de médio a elevado.

d - A vazão específica média, baseada em 36 poços em área cristalina, foi de $1,9 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$. Nos sedimentos a média de 7 poços foi $0,96 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$. Os coeficientes de transmissibilidade (T) obtidos em ensaios realizados em poços captando água do Barreiras, sedimentos aluviais e Formação Rio Doce (média de dois valores), foram respectivamente: $0,27 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, $3,39 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ e $1,99 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

e - A vazão de escoamento natural do aquífero Barreiras foi calculada em $1,17 \cdot 10^8 \text{ m}^3/\text{ano}$, correspondendo a uma taxa de infiltração de 0,72% da precipitação média na área de

recarga.

f - A estimativa das reservas de água subterrânea forneceu os seguintes valores:

Aquíferos fissurados:

Volume das reservas renováveis anualmente, ou volume de água restituído:

$$V_r = 168 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

Aquíferos granulares:

Sedimentos aluviais

Volume das reservas permanentes - $5,4 \cdot 10^9 \text{ m}^3$

Volume das reservas restituíveis - $2,1 \cdot 10^7 \text{ m}^3/\text{ano}$

Grupo Barreiras

Volume das reservas restituíveis - $1,17 \cdot 10^8 \text{ m}^3/\text{ano}$

Volume das reservas permanentes - $4,10 \cdot 10^{10} \text{ m}^3$

g - Uma estimativa da demanda indica que o consumo d'agua pelas populações humana e animal, e pela irrigação e indústria, pode ser plenamente atendido somente pelos volumes renováveis dos aquíferos considerados.

h - As condições de exploração dos aquíferos têm como fator principal a profundidade das captações, já que não há áreas absolutamente desfavoráveis. No cristalino os níveis estáticos apresentam média de 4,0 m e rebaixamento da ordem 30,0 m. Nos sedimentos eles se situam, respectivamente, a 11,0 e 47,0 m. As profundidades indicadas para captações nos diversos aquíferos são: cristalino - 80,0 m, coberturas detríticas - 20,0 m, sedimentos aluviais - 80,0 m, Barreiras 80,0 m e Formação Rio Doce - de 150 a 500 m.

i - Quanto à qualidade química, as águas são de modo geral, de baixo grau de salinização, com resíduo seco médio da ordem de 190 mg/l. De todos os elementos analisados nenhum oferece, isoladamente, restrições ponderáveis. Predominam as águas cloretadas, com 63% do total, seguidas das bicarbonatadas com 32%, mistas com 4% e sulfatadas com 1%. As águas são, em geral, boas para o consumo humano, salvo restrições locais de contaminação e salinidade, boas para indústria, com cuidados especiais de escolha para alguns casos mais exigentes, boas para a irrigação, onde há necessidade de cuidados especiais em menos de 2% dos casos, e absolutamente boas para o consumo animal.

j - A conclusão final é de otimismo em relação à possibilidade das águas subterrâneas virem a substituir em parte as superficiais, num futuro não muito distante, em que fatalmente ocorrerá um declínio das atuais condições qualitativas e quantitativas destas, em razão do incremento populacional e industrial, do desmatamento e, enfim, da poluição que imporá ao seu tratamento um ônus cada vez maior.

Ressalte-se que o presente estudo tem caráter preliminar, merecendo ser prosseguido, nas áreas mais promissoras, com maior profundidade técnica.

10. BIBLIOGRAFIA

- ACHÃO, Sérgio M. - Projeto hidrogeologia do Norte de Minas Gerais e Sul da Bahia, folha 34, Rio Doce NO - Belo Horizonte, s.ed, 1977. (Relatório inédito DNPM/CPRM).
- ALVES, Ronaldo Jorge et alii - Geologia e perspectivas petrolíferas das bacias do Mucuri e "Arco" de Vitória. Salvador, s.ed, 1978. (Relatório inédito PETROBRAS-- DEXPRO/DIVEX, 5.203).
- ASMUS, H.E, et alii - Integração geológica regional da bacia do Espírito Santo. Salvador, s.ed, 1971. (Relatório inédito PETROBRAS-DEXPRO).
- BACIA do Espírito Santo; parte emersa, estratigrafia, estruturas e possibilidades petrolíferas. Salvador, s.ed, 1971. (Relatório inédito PETROBRAS-DIREX, 1467).
- BARBOSA, Aluísio L.M. et alii - Geologia das Quadrículas de Barra do Cuieté e Conselheiro Pena. Belo Horizonte, s.ed, 1964. (Relatório inédito DNPM/GEOSOL).
- BECKER, Bertha K.- Aplicação de índices climáticos ao Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro 39 (4) 3 - 22, out/dez. 1968.
- BERNARDES, Lysia M.C. - Tipos de clima do Estado do Espírito Santo. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, 13 (4) : 107 - 109, out/dez. 1951.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Meteorologia. Normais climatológicas (MG,ES,RJ e GB). Rio de Janeiro, 1969. v.3.
- 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 - Observações pluviométricas no Nordeste do Brasil. Fortaleza, 1969. 2 v.
- BRASIL. Ministério do Interior. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Inventário hidrogeológico básico do Nordeste ; folha 29 - Bahia-NE. Recife, 1971. 194 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 35).
- BRASIL. Ministério do Planejamento e Coordenação Geral. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Sinópsse preliminar do censo agropecuário - Espírito Santo; censos econômicos de 1975. Rio de Janeiro. 1977. v.3. t.15
- BRASIL. Ministério do Planejamento e Coordenação Geral. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Sinópsse preliminar do censo agropecuário - Minas Gerais; censos econômicos de 1975. Rio de Janeiro, 1977. v.8.
- BRASIL. Ministério do Planejamento e Coordenação Geral. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Censo Demográfico; Espírito Santo. Rio de Janeiro, 1973.
- BRASIL. Ministério do Planejamento e Coordenação Geral. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Censo Demográfico; Minas Gerais. Rio de Janeiro, 1973. v.1. t.15.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - Geologia da região centro - oriental da Bahia. Salvador, s.ed, 1976. (Relatório inédito CPRM/DNPM). v.2.
- CUSTODIO, E. & LLAMAS, Manuel R. Hidrologia subterrânea. Barcelona, Omega, 1976. 2359 p. 2 v.

DELLA Piazza, Henrique & ARAÚJO, Mauro Barbosa - Projeto Rio Doce; geologia da parte continental. Salvador, s. ed, 1972. (Relatório inédito PETROBRAS-DIREX, 1582).

ECONOMIA E ENGENHARIA INDUSTRIAL S.A. - Potencial florestal e silvicultura no Estado do Espírito Santo. Rio de Janeiro, s.ed, 1967. (Relatório inédito ECOTEC).

ELEMENTOS de hidrogeologia prática. Recife, SUDENE, 1967. 372 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 13).

ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Agricultura - Plano anual de produção e abastecimento; 1976/77. Vitória, 1976.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria da Indústria e do Comércio - Manual do investidor. s.ed, 1976.

FOURMARIER, P - Hydrogéologie. 2ª ed. Paris, Masson et Cie, 1958.

FONTES, Cid Queiroz et alii - Projeto Jequitinhonha; relatório final. Belo Horizonte, s.ed, 1978. (Relatório inédito DNPM/CPRM).

GALVÃO, M. Veloso - Regiões bioclimáticas do Brasil. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, 29 (1): 3 - 36, jan/mar. 1967.

GALVÃO, M. Veloso, ed - Geografia do Brasil; Região Sudeste. Rio de Janeiro, IBGE. 1977. v.5.

LEAL, Antônio S. - Legenda para mapas hidrogeológicos. Recife, SUDENE, 1974. 30 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 42).

_____ - Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste; folha 19 - Aracaju-NO. Recife, 1971. 242 p. (BRASIL. SUDENE.

Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 33).

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Ciências e Tecnologia. Instituto de Geociências Aplicadas - Projeto Radar Minas Gerais; mapa geomorfológico - escala 1:500.000 - Belo Horizonte, 1977.

MORAES, Cícero - Geografia do Espírito Santo - Fundação Cultural do Espírito Santo, Vitória. 1974.

PETROCCHI, Mário Luiz - Disponibilidade de lençol freático da Região de Montanha ES*. Vitória, e.ed, 1971. (Relatório inédito DNOS).

RODRIGUES, David M.S. - Condições climáticas de Minas Gerais. Boletim Mineiro de geografia. Belo Horizonte, 2 (12) : 3 - 36, jul. 1966.

SILVA, Jodauro N. et alii - Projeto Espírito Santo; relatório final. Belo Horizonte, s.ed, 1974. (relatório inédito DNPM/CPRM).

SIMÕES, Ruth M.A. - Distribuição das normais de chuvas no Estado do Espírito Santo. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, 13 (4) : 102 - 106, out/dez. 1951.

* Este título é sugerido pela equipe do projeto, para identificar o trabalho, já que o original não possui título próprio.