

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 III: FOLHA BELO HORIZONTE-SE
PARTE I: TEXTO

José do Espírito Santo Lima

PHL
013151
2007



196

CD	SUREMI
CDDA	
Arquivo nº	940
Nº de volumes	8 v: 3pt. 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° x 3° 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 sínte se dos principais aspectos fisiográficos, climáticos e só cio-econômicos da área correspondente, e no capítulo 5 são ex postas sumariamente as principais feições geológicas, com es pecial 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	05
	4.2 Elementos do Clima	05
	4.2.1 Pluviometria	06
	4.2.2 Temperatura	06
	4.2.3 Insolação, Umidade Relativa e Ventos	08
	4.2.4 Evaporação e Evapotranspiração	08
	4.2.5 Tipos de Clima	10
	4.3 Elementos de Hidrologia de Superfície	11
	4.3.1 Escoamento Superficial	11
	4.4 Geomorfologia	13
	4.5 Solos e Vegetação	15
	4.6 Aspectos Sócio-Econômicos	17
5.	GEOLOGIA	20
	5.1 Generalidades	20
	5.2 Rochas do Embasamento	20
	5.2.1 Associação Barbacena/Paraíba do Sul	21
	5.2.1.1 Complexo Gnáissico-Migmatítico (pEgm) ...	21
	5.2.1.2 Complexo Charnockítico (pEck ₁)	26
	5.2.2 Super Grupo Rio das Velhas	26
	5.2.2.1 Grupo Nova Lima (pErni)	27
	5.2.2.2 Grupo Maquiné (pErm)	28

5.2.3	Super Grupo Minas	28
5.2.3.1	Grupo Caraça (pEmc)	29
5.2.3.2	Grupo Itabira (pEmi)	29
5.2.3.3	Grupo Piracicaba (pEmp)	30
5.2.4	Super Grupo Espinhaço (pEei - pEmv)	30
5.2.5	Rochas Intrusivas	33
5.2.5.1	Intrusivas Ácidas (γ)	33
5.2.5.2	Intrusivas Básicas e Ultrabásicas ($\beta - \gamma$)	34
5.2.6	Grupo Bambuí	35
5.2.6.1	Formação Macaúbas (pEbm)	36
5.2.6.2	Formação Paraopeba (pEbp)	39
5.2.6.3	Formação Três Marias (pEbt)	40
5.3	Rochas Sedimentares	41
5.3.1	Coberturas Indiferenciadas	41
5.3.1.1	Terciário-Quaternário Indiferenciado(TQi)	41
5.3.1.2	Quaternário Pleisto-Holoceno (Qphi)	42
5.3.2	Depósitos Recentes (Qha)	44
5.4	Tectônica	45
6.	HIDROGEOLOGIA	48
6.1	Generalidades	48
6.2	Relação entre Geologia e Água Subterrânea ...	49
6.3	Água Subterrânea em Rochas Fissuradas	50
6.3.1	Rochas Cristalinas e Cristalofilianas	51
6.3.1.1	Condições de Alimentação	53
6.3.1.2	Escoamento	55
6.3.1.3	Exutórios	56
6.3.1.4	Capacidade de Produção dos Poços	57

6.3.2	Grupo Bambuí	58
6.3.2.1	Condições de Alimentação	60
6.3.2.2	Escoamento e Exutórios	61
6.3.2.3	Características Dimensionais e Hidrodinâmicas	62
6.4	Água Subterrânea em Zonas Cársticas	65
6.4.1	Características Dimensionais	67
6.4.2	Condições de Alimentação	68
6.4.3	Escoamento e Exutório	69
6.4.4	Características Hidrodinâmicas	71
6.5	Estudo Estatístico-Probabilístico dos Aquíferos Fraturados e Cársticos	72
6.6	Água Subterrânea em Sedimentos Granulares ..	74
6.6.1	Coberturas Indiferenciadas	75
6.6.2	Aluviões	76
6.6.3	Água Subterrânea no Manto de Intemperismo	77
6.7	Estimativa das Reservas das Águas Subterrâneas	78
6.7.1	Aquífero Bambuí (rochas pelíticas)	78
6.7.1.1	Recursos de Águas Subterrâneas	78
6.7.1.2	Reservas Permanentes	79
6.7.2	Aquífero Bambuí (rochas carbonáticas).....	80
6.7.2.1	Recursos de Águas Subterrâneas	80
6.7.2.2	Reservas Permanentes	80
7.	HIDROQUÍMICA	82
7.1	Generalidades	82
7.2	Características Químicas das Águas	83

7.2.1	Grupo Bambuí	84
7.2.1.1	Composição Química das Águas	85
7.2.2	Embasamento Cristalino e Cristalofiliano ..	87
7.2.2.1	Composição Química das Águas	88
7.2.3	Manto de Intemperismo e Coberturas Indiferen ciadas	89
7.3	Qualidade das Águas para Consumo Humano	89
7.3.1	Qualidade das Águas para Consumo Animal ...	92
7.4	Qualidade das Águas para Irrigação	92
7.4.1	Classificação das Águas para Irrigação	93
8.	CONDIÇÕES DE EXPLORAÇÃO E DEMANDA	96
8.1	Possibilidades de Exploração	96
8.1.1	Profundidade de Captação	96
8.1.2	Profundidade dos Níveis D'água	98
8.1.3	Capacidade de Produção dos Poços	99
8.1.4	Qualidade Química das Águas	100
8.2	Zonas mais Favoráveis para Exploração	100
8.2.1	Aqüíferos Fraturados	100
8.2.2	Aqüíferos Granulares	102
8.3	Demanda e Uso Atual	102
9.	CONCLUSÕES	105
10.	BIBLIOGRAFIA	108

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

A área de estudo, com aproximadamente 69.650 km², está localizada na parte central do Estado de Minas Gerais. O clima predominante é o tipo Cwa, mesotérmico de verões quentes e inverno seco, com regime pluviométrico, de um modo geral, constante (média anual 1.400 mm) e médias térmicas anuais entre 18,4°C e 24°C. A umidade relativa média é sempre superior a 65% e a evapotranspiração potencial média anual é de 1.200 mm. As rochas do Pré-Cambriano predominam na área com 91,6%, correspondendo o restante ao Terciário e Quaternário compreendendo eluviões, coluviões e aluviões. Os estudos hidrogeológicos se basearam nos dados fornecidos por 1.211 pontos d'água, 106 análises químicas e 5 ensaios de bombeamento. As maiores reservas hídricas subterâneas correspondem aos aquíferos cársticos (rochas carbonáticas da Formação Paraopeba), aos aquíferos fraturados do Grupo Bambuí e também a pequenas áreas anômalas nas aluviões do rio Piracicaba. As águas, apresentando baixa salinidade, se prestam para qualquer uso humano ou animal e apenas 2,9% oferecem restrições quanto à irrigação.

2. ABSTRACT

The studied area, covering 69,650 km² approximately, is localized in the central part of Minas Gerais State. The prevailing climate is the warm summer and dry winter Cwa mesotermic type with generally regular rainfall regime (annual mean of 1,400 mm) and temperature means ranging from 18.4°C to 24°C. The relative mean of humidity is frequently exceeding 65% and that of the potential evapotranspiration is of 1,200 mm, annually. Predominantly pre-Cambrian rocks cover as much as 91.6% of the area with the rest being covered by Tertiary-Quaternary alluvia, colluvia and elluvia. The hydrogeologic studies are based in data given by 1,211 water points, 106 chemical analysis and 5 pumping tests. The main groundwater resources correspond to the carstic aquifers (carbonated rocks of Paraopeba Formation), fractured aquifers of Bambui Group and the small anomalous areas in the Piracicaba river alluvia. The water, presenting low salinity, may be considered good for any human and animal uses except 2.9% that are subject restriction with regard to watering.

3. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por finalidade dar continuidade aos levantamentos hidrogeológicos previstos no programa "Inventário Hidrogeológico Básico" sugerido pelo Plano Mestre Decenal para Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil (1965-1971), em 4 folhas abrangendo o centro do Estado de Minas Gerais e o norte do Estado do Espírito Santo, sendo uma delas a folha Belo Horizonte-SE, objeto deste Relatório. A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM, através da Superintendência Regional de Belo Horizonte - SUREG/BH- foi a executora do trabalho, por solicitação do Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM.

O objetivo primordial deste trabalho foi efetuar um inventário hidrogeológico sistemático na região supra-citada, visando obter uma primeira avaliação de seus recursos hídricos subterrâneos.

Na fase preliminar, iniciada em janeiro de 1978, os estudos se resumiram na coleta da documentação disponível sobre a área, incluindo mapas e seções geológicas, perfis litológicos de poços, fichas de poços, dados de testes de bombeamento e resultados de análises químicas das águas subterrâneas, permitindo a elaboração de um relatório e catálogo preliminares e de um mapa de locação dos pontos d'água existentes. A partir de junho de 1978 deu-se continuidade ao projeto com a execução da fase de campo, que consistiu na coleta de dados "in situ", medições de níveis estáticos, observação periódica de alguns desses níveis, coleta de amostras d'água, nivelamento barométrico de pontos pré-escolhidos e finalizando esta etapa a execução de testes de aquíferos.

Para confecção da base planimétrica foram utilizadas a folha Belo Horizonte-SE, da carta do Brasil na escala 1:500.000, do IBGE, e parte das bases planimétricas dos projetos Três Marias e Jequitinhonha, de autoria desta SUREG. A geologia para o presente Relatório foi compilada a partir dos mapas e textos apresentados pelos citados projetos.

Agradecimentos são dirigidos aos autores dos projetos Três Marias e Jequitinhonha, cujos relatórios prestaram grande auxílio na feitura deste trabalho, e também às várias empresas federais, estaduais e particulares tais como DNM-MA, DNAEE, DNOCS, COPASA, SAAE, ALBRIZZI, HIDRORIZONTE, HIDROPOÇOS, PPA, GEOPOÇOS e outras que direta ou indiretamente contribuíram para o seu bom desempenho.

4. ASPECTOS GERAIS

4.1 Localização

A folha Belo Horizonte-SE está situada entre os meridianos $42^{\circ}00'$ e $45^{\circ}00'$ de longitude oeste de Greenwich e os paralelos $18^{\circ}00'$ e $20^{\circ}00'$ de latitude sul (fig. 4.1). Abrange uma área de 69.650 km², aproximadamente.

Esta folha ocupa praticamente o centro do Estado de Minas Gerais e abrange parte nas zonas fisiográficas denominadas Metalúrgica, Rio Doce, Alto São Francisco, Alto Jequitinhonha, Mata e Mucuri.

Rodovias pavimentadas federais (BR-040, BR-135, BR-116, BR-381, BR-262) e estaduais interligam a capital do Estado, Belo Horizonte, às principais cidades. Além destas rodovias, existem estradas não pavimentadas de tráfego permanente ou não e também ferrovias que permitem o acesso às várias regiões do Estado.

Existem também ligações aeroviárias entre a capital do Estado e as principais cidades da área, através, principalmente, de táxis-aéreos.

4.2 Elementos do Clima

Os dados referentes ao clima utilizados na elaboração deste trabalho foram obtidos do Departamento Nacional de Meteorologia (Ministério da Agricultura), do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica e do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Esses dados são relativos a observações compreendidas no período de 1911 a junho de 1979, com interrupções.

4.2.1 Pluviometria

O mapa de isoietas (fig. 4.2), foi elaborado a partir do mapa pluviométrico apresentado pelo DNOCS, atualizado com os valores anuais de precipitação das 23 estações pluviométricas existentes no âmbito da folha (quadro 4.1).

Pela observação do quadro supra citado, verifica-se que há uma certa regularidade da distribuição volumétrica e espacial das chuvas, com média anual mínima de 1.166,0 mm, em Caratinga, e máxima de 1.784,4 mm, em Conceição do Mato Dentro. As maiores precipitações ocorrem ao longo da Serra do Espinhaço, a partir da qual verifica-se um decréscimo nos sentidos leste e oeste. Em 75% das estações a pluviometria média anual é superior a 1.300,0 mm, sendo que em apenas 17% ela é superior a 1.500,0 mm. Através do método de Thiessen, calculou-se a pluviometria média da área, obtendo-se o valor aproximado de 1.400,0 mm. Os valores médios mensais e anuais constam do quadro 4.1.

O regime pluviométrico compreende 7 meses de chuvas, de outubro a abril, por 5 meses secos ($P < 2T$), de maio a setembro. É dezembro o mês mais chuvoso, com uma média regional de 300,4 mm e com máxima de 424,6 mm em Conceição do Mato Dentro. O mês mais seco é agosto, com uma pluviometria média de 7,76 mm, tendo-se verificado a mínima (1,4 mm) na estação de Lagoa Santa.

Na figura 4.3 estão representadas as curvas e as médias pluviométricas mensais de estações representativas de cada tipo de clima que ocorre na folha, segundo a classificação de Köppen.

4.2.2 Temperatura

PLUVIOMETRIA - (em mm.)

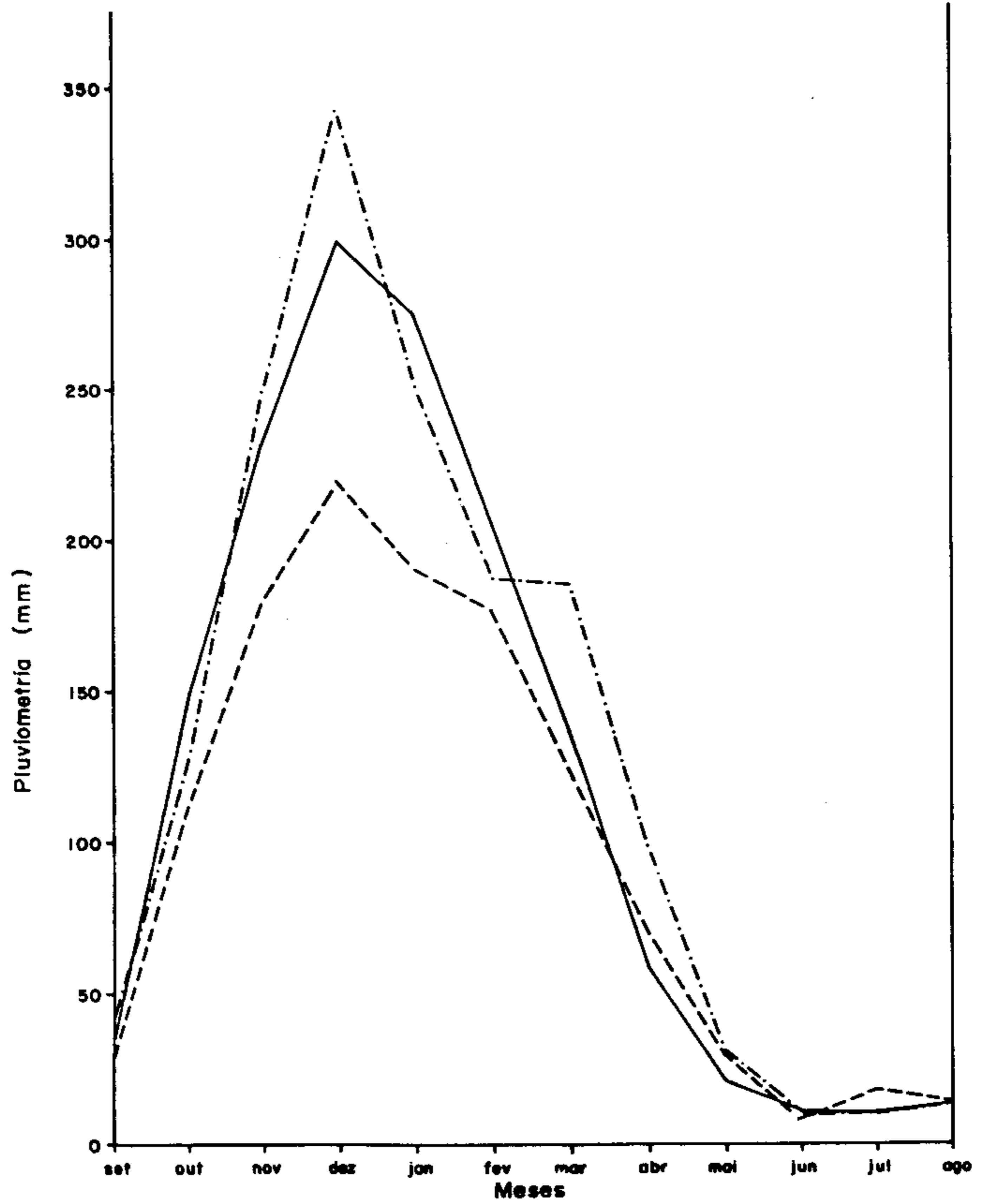
ESTAÇÕES	MÉDIAS MENS AIS												TOTAL	PERÍODO
	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.		
BELO HORIZONTE	275,3	208,4	135,5	57,7	21,1	11,6	10,5	13,3	34,2	143,8	231,4	299,2	1.442,0	1911 - 1972
CAETANÓPOLIS	210,9	166,8	118,8	47,6	26,4	9,0	11,5	5,1	31,5	122,0	207,6	213,4	1.170,6	1955 - 1976
CARATINGA	190,5	176,9	122,8	70,6	29,7	7,5	17,2	13,5	27,9	111,0	179,0	219,4	1.166,0	1925 - 1937
CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	272,2	224,2	206,7	107,2	33,4	14,7	13,3	10,5	41,5	141,5	294,6	424,6	1.784,4	1925 - 1958
COROACI	177,4	108,6	146,3	74,9	29,5	29,5	21,8	11,3	31,2	124,2	215,2	248,2	1.218,1	1941 - 1977
CURVELO	237,6	177,0	159,7	72,8	15,8	6,7	5,4	8,0	35,8	100,2	185,9	311,1	1.316,0	1912 - 1958
DIAMANTINA	251,1	187,9	186,9	99,9	31,8	10,1	10,0	13,1	40,9	126,0	247,1	343,5	1.548,3	1918 - 1958
FLORESTAL	300,7	279,9	133,7	50,7	17,0	18,7	9,0	8,9	36,2	155,0	236,4	311,3	1.557,5	1962 - 1971
GOUVEIA	238,1	141,1	134,7	70,9	31,4	15,2	12,6	2,8	29,2	113,5	205,7	248,2	1.243,4	1941 - 1957
GUANHÃES	255,6	139,7	161,9	76,2	18,4	19,1	15,8	6,9	38,4	190,5	300,9	267,9	1.491,3	1945 - 1977
ITABIRA	233,1	192,2	174,4	95,6	28,9	16,0	7,7	10,7	45,4	109,3	223,2	358,1	1.494,6	1931 - 1960
JABOTICATUBAS	236,3	154,2	133,4	51,2	18,2	8,9	8,7	4,6	34,7	125,3	207,3	301,4	1.284,4	1941 - 1975
JOÃO MONLEVADE	409,9	218,5	110,0	37,7	31,9	10,5	27,7	6,5	13,3	145,9	234,8	275,5	1.522,2	1961 - 1965
JOSÉ DE MELO	265,9	185,1	169,1	58,8	26,6	10,3	6,2	5,9	30,2	91,0	217,9	371,3	1.438,3	1944 - 1975
LAGOA SANTA	237,5	196,8	148,7	185,6	26,9	14,4	5,2	1,4	27,4	80,4	198,6	349,0	1.471,9	1949 - 1958
MATEUS LEME	254,2	185,2	178,0	60,7	24,9	16,2	9,3	7,1	38,6	122,6	202,7	299,9	1.399,4	1942 - 1976
MORRO DO PILAR	273,0	193,2	151,7	73,0	20,1	9,1	11,7	4,9	35,2	177,2	277,9	266,3	1.493,3	1945 - 1977
PEDRO LEOPOLDO	264,7	178,7	148,7	44,4	17,4	8,1	3,8	3,6	22,8	93,7	200,7	309,8	1.296,4	1941 - 1976
PITANGUI	250,5	192,6	181,6	75,0	33,0	10,0	6,2	8,1	44,1	96,5	181,1	309,9	1.388,6	1931 - 1960
SANTA BÁRBARA	256,6	189,2	165,7	58,7	22,5	14,4	11,4	10,2	30,8	111,8	228,0	319,9	1.419,2	1941 - 1977
S. J. EVANGELISTA	215,0	168,9	160,5	93,9	32,9	16,8	16,4	15,2	45,7	110,8	228,8	299,7	1.404,6	1914 - 1958
SETE LAGOAS	249,1	182,8	145,3	50,6	24,9	8,2	9,6	4,4	31,8	117,9	205,2	279,9	1.309,7	1949 - 1975
TIMÓTEO (ACESITA)	297,5	125,8	159,7	74,9	33,5	15,7	33,9	2,6	19,4	97,9	226,4	312,0	1.399,3	1955 - 1964

Período : 1911 a 1979 (c/interrupções)

FONTES : UNOCS, DNAEE, DNM-MA

QUADRO: 4.1.

PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS



ESTAÇÃO

CLIMA

PERÍODO

— - BELO HORIZONTE

Cwb

1911/1972

- - - - CARATINGA

Aw

1925/1937

- . - . - DIAMANTINA

Cwb

1918/1958

FIG. 4.3

Os dados de temperatura apresentados neste relatório foram obtidos de 13 estações cujos valores de médias mensais e anuais são mostrados no quadro 4.2.

Nas estações de Lagoa Santa e Pitangui as médias anuais mais baixas foram observadas nos meses de junho e julho com 20°C e $17,7^{\circ}\text{C}$, respectivamente, e as mais elevadas nos meses de janeiro e fevereiro, com $23,3^{\circ}\text{C}$ em cada mês para a estação de Pitangui, e janeiro e março, com $24,6^{\circ}\text{C}$ e $24,4^{\circ}\text{C}$, respectivamente, para a estação de Lagoa Santa. Nas demais estações apresentadas no quadro 4.2, as médias mensais mais baixas foram registradas no mês de julho, com valores que variam de $15,1^{\circ}\text{C}$ a $20,6^{\circ}\text{C}$. Os valores mais elevados, para estas mesmas estações, foram observados no período que vai de outubro a março, variando de $19,1^{\circ}\text{C}$ a $26,5^{\circ}\text{C}$.

As médias anuais variam de $18,4^{\circ}\text{C}$ a 24°C , sendo a menor registrada na estação de Diamantina e a maior na estação de Timóteo (Acesita).

De um modo geral, os meses quentes vão de dezembro a fevereiro, sendo janeiro e fevereiro os mais quentes, e os meses frios são junho e julho, sendo este o mais frio.

O índice de variação mensal mostra que o valor mínimo (4,4) verifica-se na estação de Sete Lagoas, e o máximo (6,6) nas estações de Itabira e São João Evangelista.

O mapa de isotermas, elaborado por Serra (1977) a partir dos valores de temperaturas médias anuais para a região sudeste, mostra variações de 18°C até 22°C no âmbito da folha Belo Horizonte-SE. Na porção central as temperaturas médias anuais estão entre 18°C e 20°C , aumentando para leste com valores acima de 20°C e para oeste com valores que vão de 20°C a 22°C .

Na figura 4.4 são mostradas as curvas dos valo

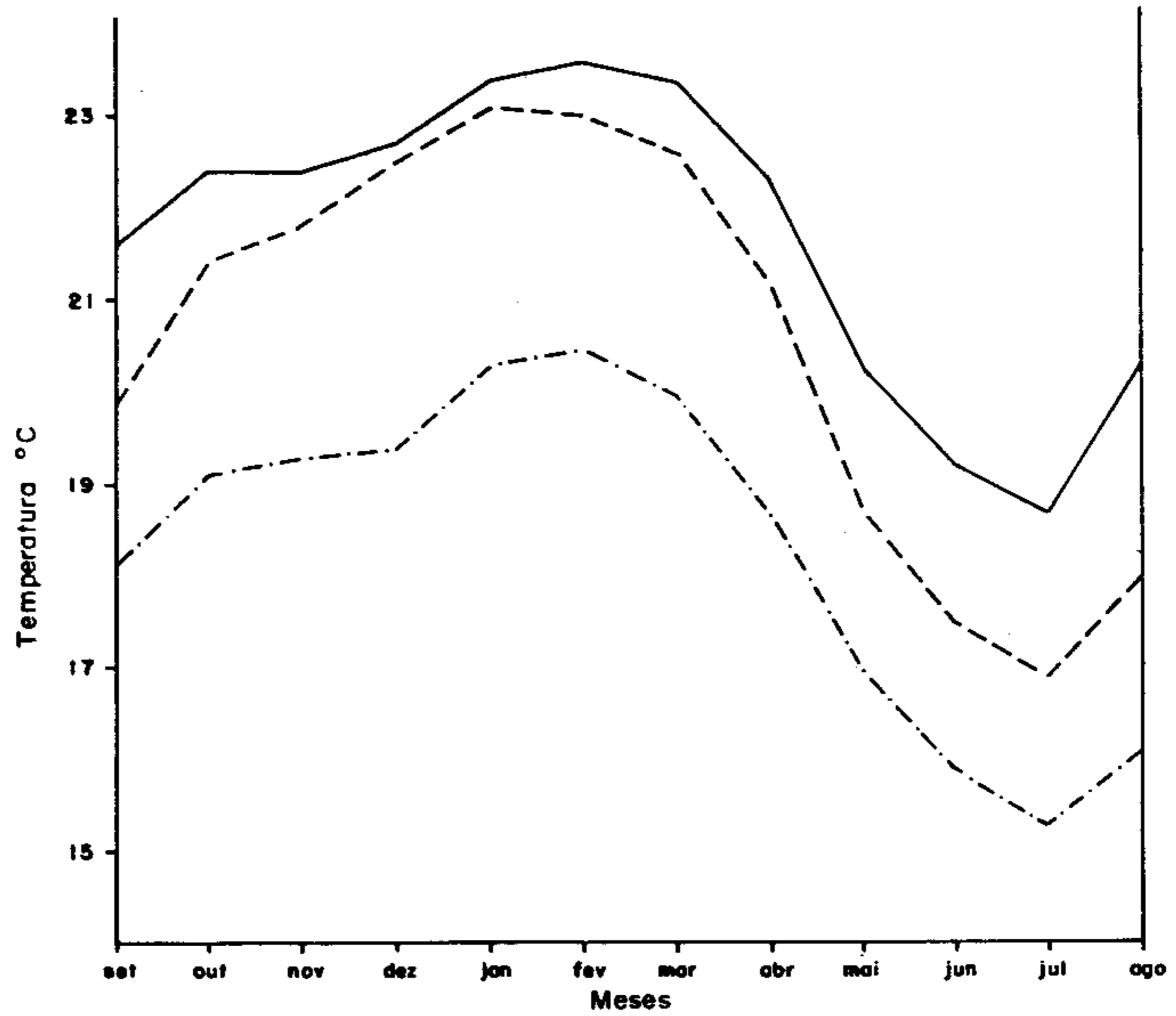
TEMPERATURA (°C)

ESTAÇÕES	MÉDIAS MENS AIS												MÉDIA ANUAL	PERÍODO
	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.		
BELO HORIZONTE	23,4	23,6	23,4	22,3	20,3	19,2	18,7	20,3	21,6	22,4	22,4	22,7	21,7	1911 - 1972
CARATINGA	23,1	23,0	22,6	21,2	18,7	17,5	16,9	18,0	19,9	21,4	21,8	22,5	20,6	1925 - 1937
CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	22,9	22,8	22,3	20,6	18,4	16,8	16,4	17,3	19,6	21,0	21,8	22,2	20,2	1931 - 1960
CURVELO	24,1	24,1	23,7	22,2	20,1	18,5	18,3	19,8	22,0	23,4	23,5	23,3	21,9	1931 - 1960
DIAMANTINA	20,3	20,5	20,0	18,7	17,0	15,9	15,3	16,6	18,1	19,1	19,3	19,4	18,4	1931 - 1960
FLORESTAL	24,0	24,3	23,9	22,3	19,8	18,3	18,0	20,1	21,9	22,9	23,1	23,2	21,8	1962 - 1971
ITABIRA	22,2	22,3	21,6	20,0	18,0	16,4	15,7	17,0	18,7	20,3	21,1	21,2	19,5	1931 - 1960
JOÃO MONLEVADE	22,0	23,0	23,3	21,9	19,7	18,3	18,0	19,8	21,1	21,3	22,3	22,2	21,1	1961 - 1965
LAGOA SANTA	24,6	24,2	24,4	22,6	21,0	20,0	20,0	21,4	23,4	24,0	23,9	23,6	22,8	1949 - 1958
PITANGUI	23,3	23,3	22,8	21,0	18,9	17,7	17,7	19,4	21,4	22,9	22,9	22,7	21,2	1931 - 1960
S.J. EVANGELISTA	21,6	21,7	21,4	19,8	17,5	15,8	15,1	15,7	17,9	20,0	20,8	21,4	19,1	1931 - 1960
SETE LAGOAS	23,9	24,2	24,5	23,3	21,4	20,1	19,8	21,9	23,8	24,0	24,0	23,8	22,9	1961 - 1970
TIMÓTEO (ACESITA)	25,9	26,5	26,0	24,6	22,4	20,7	20,6	21,7	23,8	25,0	25,1	25,5	24,0	1955 - 1964

Fonte: Departamento Nacional de Meteorologia - MA

QUADRO 4.2

TEMPERATURAS MÉDIAS MENSAIS



ESTAÇÃO

CLIMA

PERÍODO

— — — — — BELO HORIZONTE

Cwa

1911 / 1972

- - - - - CARATINGA

Aw

1925 / 1937

- . - . - . DIAMANTINA

Cwb

1918 / 1958

FIG. 4.4

res médios mensais para algumas estações da área, segundo o tipo de clima.

4.2.3 Insolação, Umidade Relativa e Ventos

Os dados relativos a esses três parâmetros climáticos referem-se a 9 estações existentes na área de trabalho.

A insolação, cujos dados são mostrados no quadro 4.3, apresenta valores médios mensais que variam de 107,7 a 276,0 horas.

A figura 4.5 mostra em gráficos valores médios mensais desse parâmetro para algumas estações.

A umidade relativa apresenta valores médios anuais que variam de 69,1% e 77,7% como podem ser vistos no quadro 4.4. Nos valores médios mensais a variação está entre 56,1% e 82,9%.

Como se pode ver pela análise dos valores apresentados, a umidade relativa apresenta uma variação muito pequena, sendo bastante regular.

Na figura 4.6 estão representados as curvas dos valores médios mensais para algumas estações da área.

No quadro 4.5 estão indicadas as velocidades médias mensais, velocidades médias anuais e as direções predominantes dos ventos. Observa-se que as velocidades médias anuais variam de 1,1 m/s a 2,7 m/s, sem apresentar uma direção predominante geral.

4.2.4 Evaporação e Evapotranspiração

Os dados de evaporação constantes do quadro 4.6 são relativos a observações em tanques de Piché de 10 estações.

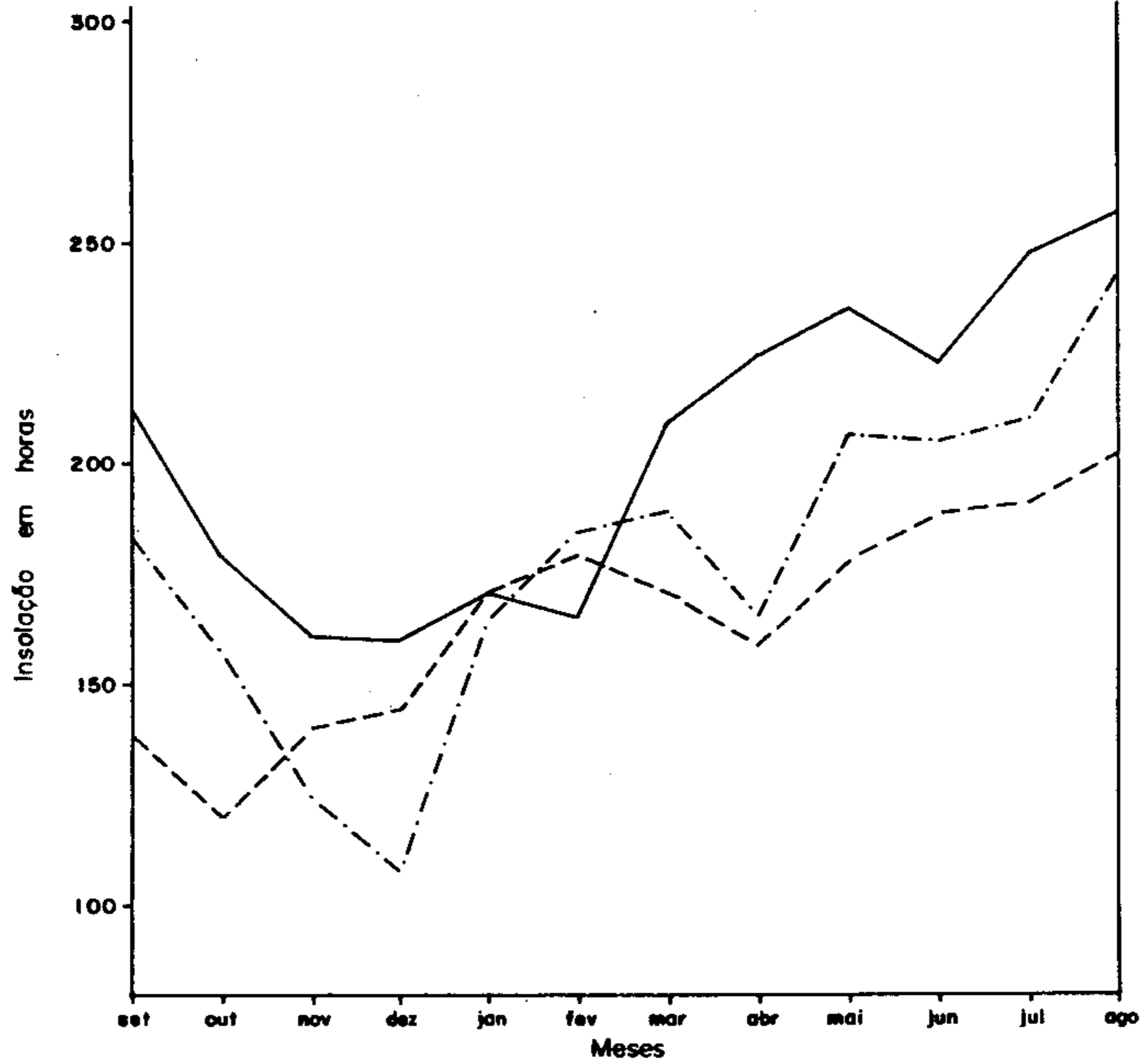
INSOLAÇÃO (horas)

ESTAÇÕES	MÉDIAS MENS AIS												TOTAL ANUAL	PERÍODO
	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.		
BELO HORIZONTE	171,0	165,8	209,0	224,4	235,6	222,5	247,6	257,0	212,7	179,8	161,4	160,7	2.447,5	1911 - 1972
CARATINGA	171,0	179,8	170,6	158,9	178,4	188,6	191,7	202,5	139,4	120,2	140,5	144,3	1.985,9	1925 - 1937
CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	177,3	166,5	173,0	133,1	173,4	167,7	174,5	208,4	139,4	115,9	107,7	116,5	1.853,4	1925 - 1942
DIAMANTINA	164,5	184,5	189,6	165,3	206,1	205,4	210,3	244,0	182,1	158,6	124,8	108,6	2.143,8	1918 - 1942
FLORESTAL	201,0	168,9	209,8	221,2	233,6	228,5	229,3	250,0	205,0	158,7	169,5	222,0	2.497,5	1962 - 1971
JOÃO MONLEVADE	145,7	141,0	203,1	206,9	207,4	187,8	162,5	187,2	195,2	118,3	135,0	113,6	2.003,7	1961 - 1965
LAGOA SANTA	220,3	178,1	216,9	223,2	231,9	223,5	253,0	276,0	209,1	187,8	175,7	165,6	2.561,1	1949 - 1958
SETE LAGOAS	182,2	179,2	230,4	243,0	271,5	270,8	266,4	264,4	232,2	174,2	196,0	184,6	2.694,9	1961 - 1970
TIMÓTEO (ACESITA)	167,4	174,0	197,2	198,6	191,1	169,0	188,6	194,2	136,1	118,1	135,3	160,1	2.079,7	1955 - 1964

Fonte : Departamento Nacional de Meteorologia - MA
Normais Climatológicas da SUDENE

QUADRO 4.3

INSOLAÇÃO - VALORES MÉDIOS MENSAIS



ESTAÇÃO

CLIMA

PERÍODO

———— - BELO HORIZONTE

Cwa

1911/1972

- - - - - CARATINGA

Aw

1925/1937

- . - . - . DIAMANTINA

Cwb

1918/1942

FIG. 4.5

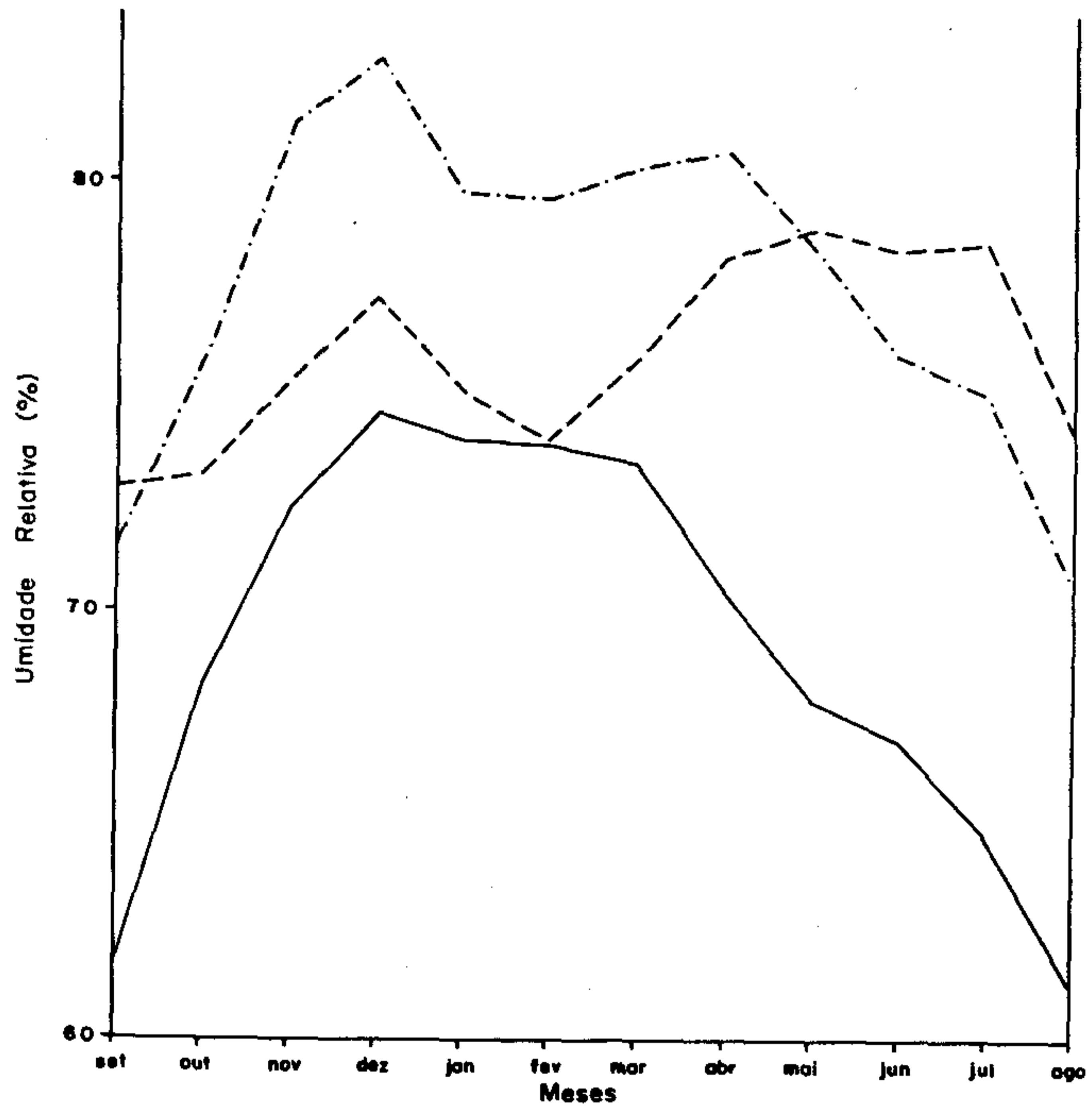
UMIDADE RELATIVA (%)

ESTAÇÕES	MÉDIAS MENS AIS												MÉDIA ANUAL	PERÍODO
	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.		
BELO HORIZONTE	74,0	73,9	73,5	70,5	67,9	67,0	64,8	61,3	61,6	68,3	72,4	74,6	69,1	1911 - 1972
CARATINGA	75,1	74,0	75,9	78,3	79,0	78,5	78,7	74,3	72,9	73,2	75,4	77,3	76,0	1925 - 1937
CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	76,3	76,8	77,4	80,5	79,5	77,9	75,3	70,9	70,3	72,0	76,9	78,4	76,0	1925 - 1942
DIAMANTINA	79,8	79,7	80,4	80,8	78,6	76,0	75,1	70,7	71,6	75,9	81,4	82,9	77,7	1918 - 1942
FLORESTAL	76,7	75,7	75,6	72,8	71,8	71,5	68,8	62,0	61,4	70,2	73,8	74,8	71,2	1962 - 1971
JOÃO MONLEVADE	80,2	80,2	73,6	73,6	73,6	72,9	72,0	61,5	63,4	73,3	74,6	62,3	72,8	1961 - 1965
LAGOA SANTA	72,7	74,5	73,4	74,0	72,0	71,6	65,0	58,4	59,4	64,5	70,9	77,2	69,5	1949 - 1958
SETE LAGOAS	78,7	77,0	73,3	71,1	68,2	66,2	64,0	56,4	56,1	66,5	72,6	73,6	68,6	1961 - 1970
TIMÓTEO (ACESITA)	75,4	75,4	74,4	73,2	74,1	73,3	72,2	68,1	65,9	68,6	74,0	76,5	72,6	1955 - 1964

Fonte: Departamento Nacional de Meteorologia - MA
Normais Climatológicas da SUDENE

QUADRO 4.4

UMIDADE RELATIVA - VALORES MÉDIOS MENSAIS



ESTAÇÃO

CLIMA

PERÍODO

— - BELO HORIZONTE

Cwa

1911 / 1972

- - - - CARATINGA

Aw

1925 / 1937

- . - . - . DIAMANTINA

Cwb

1918 / 1942

FIG. 4.6

VENTOS

ESTAÇÕES		MÉDIAS MENSUAIS												MÉDIA ANUAL	PERÍODO
		JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.		
BELO HORIZONTE	DIR. PREDOM.	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	1911 - 1972
	VELOC. (m/s)	1,5	1,4	1,5	1,5	1,4	1,4	1,6	1,9	2,1	1,8	1,6	1,4	1,6	
CARATINGA	DIR. PREDOM.	NE	NE	NW	NW	NE	NE	NE	NE	NE	NW	NW	NE	NE	1925 - 1937
	VELOC. (m/s)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	0,9	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1	
CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	DIR. PREDOM.	C-SE-SW	C-SW	C-SW	C-SE-SW	C-SE	C-SW	C-SW	C-SW	C-SW	C-SW	C-SW	C-SW	C-SW	1925 - 1942
	VELOC. (m/s)	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	
DIAMANTINA	DIR. PREDOM.	NE	NE	SE	SE	SE	SE	SE	NE	NE	NE	NE	NE	NE-SE	1918 - 1942
	VELOC. (m/s)	2,9	2,7	2,6	2,4	2,2	2,2	2,8	2,8	2,7	3,0	3,0	3,1	2,7	
FLORESTAL	DIR. PREDOM.	C-NE	NE-SE	NE-SE	SE-NE	C-SE	C-SE	C-SE	C-SE	NE-SE	NE-SE	SE-NE	NE-SE	NE-SE	1962 - 1971
	VELOC. (m/s)	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,4	1,5	1,2	1,3	1,2	
JOÃO MONLEVADE	DIR. PREDOM.	E-C	E-E-C	E-C	E-S	C-E	E-C	E-S	E-S	E-C-E	E-C	E-C	E-C	E-C	1961 - 1965
	VELOC. (m/s)	1,5	1,5	1,8	1,6	1,7	1,8	1,8	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	1,8	
LAGOA SANTA	DIR. PREDOM.	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	1949 - 1958
	VELOC. (m/s)	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,5	1,3	1,2	1,0	1,0	1,1	
SETE LAGOAS	DIR. PREDOM.	C-E	C-E	SE-E	C-SE	C-SE	C-E	C-E	C-SE	SE-C	C-SE	C-E	C-E	C-E	1961 - 1970
	VELOC. (m/s)	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,4	1,6	1,9	2,2	2,0	1,1	1,6	1,6	
TIMÓTEO (ACESITA)	DIR. PREDOM.	SE-W	SE-W	W-SE	W-SW	W-SE	W-SE	W-SW	W-SW	N-NE	SE-N	W-SE	SE-E	W-SE	1955 - 1964
	VELOC. (m/s)	1,8	2,2	1,6	1,7	1,6	1,8	1,8	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	1,8	

Fonte: Departamento Nacional de Meteorologia - MA
Normais Climatológicas da SUDEME

QUADRO: 4.5.

EVAPORAÇÃO (mm)

ESTAÇÕES	MÉDIAS MENS AIS												TOTAL ANUAL	PERÍODO
	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.		
BELO HORIZONTE	110,3	76,9	89,4	89,4	89,4	89,8	99,1	126,9	134,1	120,2	88,8	81,6	1.195,9	1911 - 1972
CARATINGA	71,9	62,6	64,5	56,1	57,9	57,0	67,2	81,4	79,2	78,9	68,5	66,1	811,3	1925 - 1937
CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	83,9	74,0	72,2	64,4	66,0	64,8	78,7	103,8	107,5	104,0	83,1	70,1	972,5	1931 - 1960
DIAMANTINA	64,7	60,8	59,2	51,9	56,3	58,7	66,5	88,1	85,1	78,9	56,3	50,3	776,8	1931 - 1960
FLORESTAL	59,9	52,7	62,3	62,9	65,2	63,2	71,4	86,2	93,0	73,8	60,2	70,8	821,6	1962 - 1971
JOÃO MONLEVADE	41,7	42,8	63,2	57,9	55,4	53,4	58,3	85,5	94,2	67,2	64,4	57,2	741,2	1961 - 1965
LAGOA SANTA	81,0	65,6	74,2	73,3	65,7	66,9	85,4	110,8	120,7	110,4	86,0	73,6	1.013,6	1949 - 1958
PITANGUI	87,1	76,5	72,2	69,3	70,7	79,1	100,1	130,8	126,2	114,3	80,7	73,1	1.080,1	1931 - 1960
SETE LAGOAS	63,4	69,4	78,9	76,7	81,0	85,6	94,7	129,2	138,8	109,8	83,6	79,2	1.090,3	1961 - 1970
TIMÓTEO (ACESITA)	78,6	93,3	81,9	77,2	58,0	69,2	82,2	98,1	121,7	117,3	79,1	88,6	1.045,2	1955 - 1964

Fonte: Departamento Nacional de Meteorologia - MA

QUADRO 4.6

Pela análise dos dados apresentados verifica-se que a evaporação não é muito intensa na área, e os valores médios mensais estão todos abaixo de 140 mm.

A evapotranspiração potencial (ETp) pode ser determinada através da fórmula de Turc simplificada.

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

onde: ETp = evapotranspiração potencial, em mm

I_g = radiação solar global para cada mês, expressa em cal/cm²/dia

t = temperatura média mensal, em °C.

No caso da evapotranspiração real (ETr), esta poderá ser determinada através da fórmula a seguir, também de autoria de Turc.

$$ETr = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{(300 + 25 T + 0,05 T^3)^2}}}$$

onde: ETr = evapotranspiração média real anual, em mm

P = pluviometria anual, em mm

T = temperatura média anual, em °C

No quadro 4.7 são apresentados os valores de ETp e ETr calculados para seis estações através das fórmulas anteriormente citadas. Verifica-se pelos mesmos, uma certa uniformidade da ETp e da ETr por toda área do estudo.

VALORES DE P, E_{Tp} e E_{Tr}

ESTAÇÕES	P	E _{Tp}	E _{Tr}
BELO HORIZONTE	1.442,0	1.202,1	1.010,8
CARATINGA	1.166,0	1.208,6	877,1
CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO	1.784,4	1.199,8	1.021,8
CURVELO	1.316,0	1.232,1	957,7
DIAMANTINA	1.548,3	1.156,0	895,7
SÃO JOÃO EVANGELISTA	1.404,6	1.207,5	896,2

QUADRO: 4.7.

4.2.5 Tipos de Clima

A caracterização climática da área, tomando-se por base as classificações de Köppen e Gaussen, mostra que:

a) Segundo a classificação de Köppen, três tipos climáticos ocorrem nessa área: Aw, Cwa e Cwb (fig.4.7). O tipo Aw ocorre no canto noroeste e numa faixa na parte leste da folha. É um clima de savanas tropicais, quente e úmido, com estação seca de outono-inverno. Apresenta regime de chuvas constante em toda a sua área de influência.

O tipo Cwa abrange a maior área na folha, sendo um clima mesotérmico de verões quentes e inverno seco.

O tipo Cwb ocorre na parte central da folha. É um clima mesotérmico de verões brandos e estação chuvosa no verão.

b) De acordo com a classificação bioclimática de Gaussen, na área em estudo, ocorrem os seguintes tipos bioclimáticos (fig. 4.8):

4cTh - Termoxeroquimênico atenuado ou tropical quente de seca atenuada. Abrange a maior área na folha, possui estação seca de 3 a 4 meses e índice xeroquimênico variando de 40 a 100. Corresponde à vegetação do cerrado.

4cMes - Mesoxeroquimênico atenuado ou Tropical brando de seca atenuada. A única diferença do 4cTh é em relação a temperatura do mês mais frio que é inferior a 15°C. A vegetação predominante na área de ocorrência deste tipo de bioclima é a herbácea com arbustos e subarbustos.

4dTh - Sub-termaxérico ou Tropical quente sub-seco.

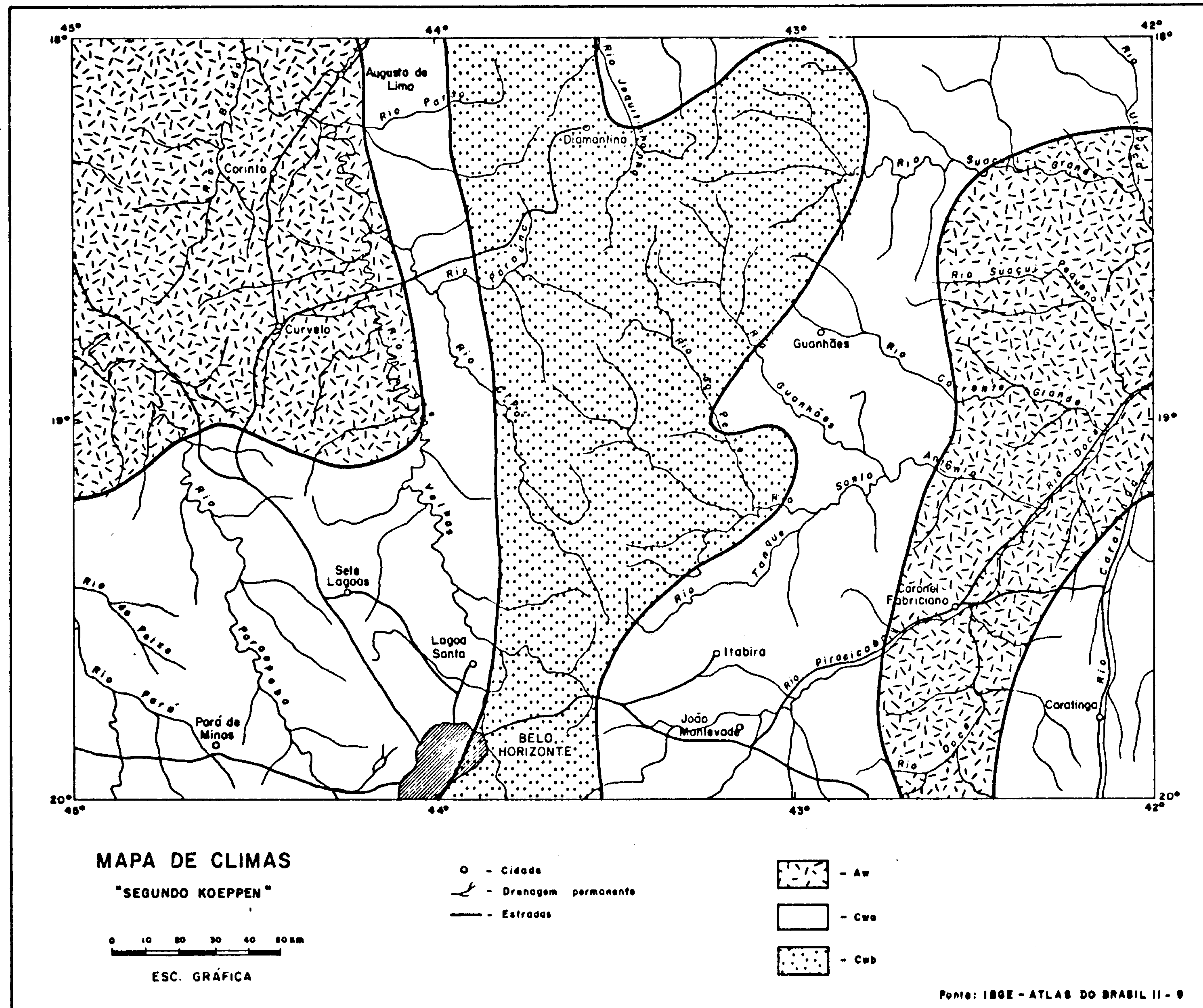


FIG. 4.7

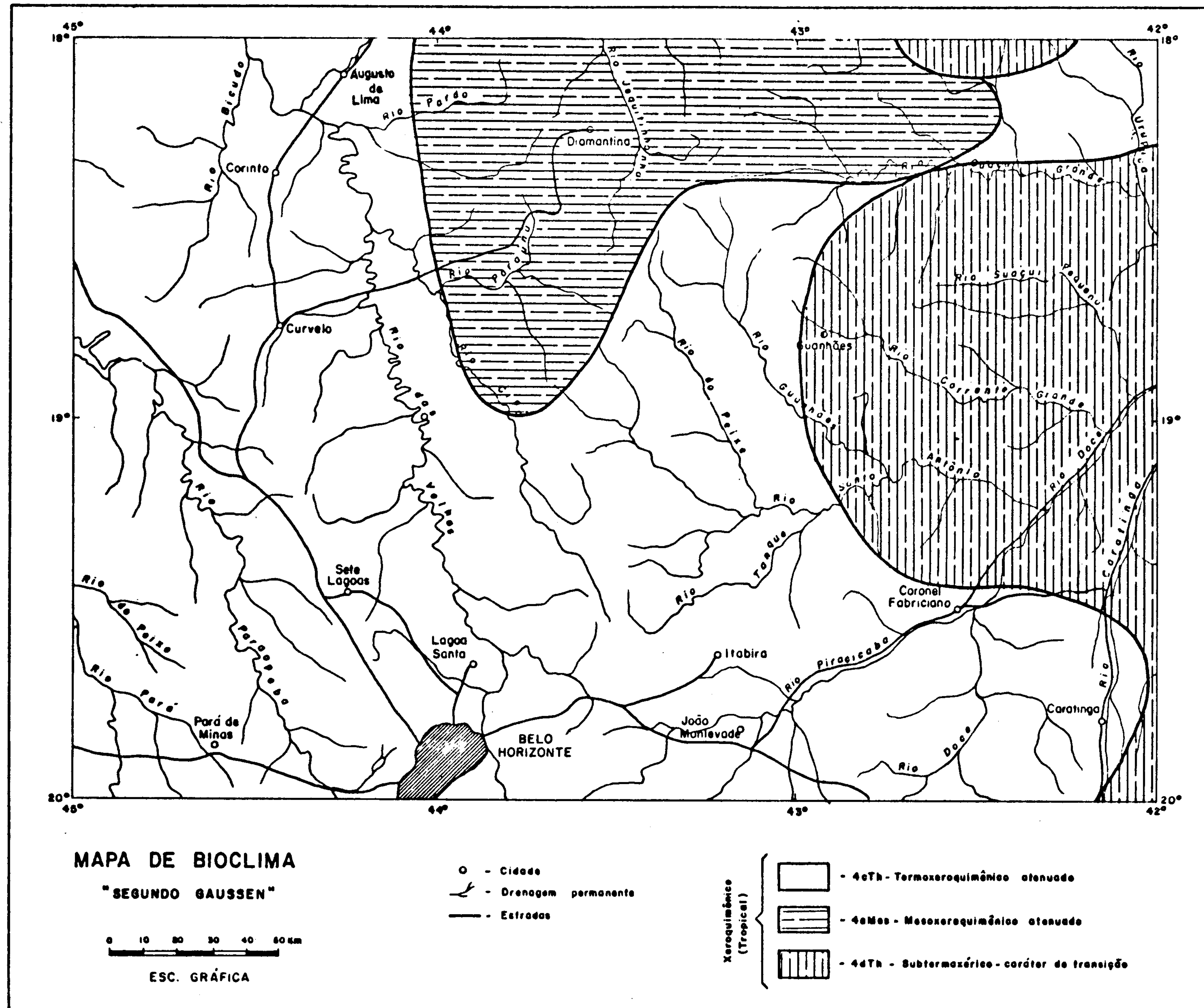


FIG. 4.8

Com estação seca curta (1 a 2 meses), apresenta índice xerotérmico variando de 0 a 40. Este tipo cor responde à floresta tropical latifoliada menos úmi da que a floresta do litoral. Ocorre na porção cen tro oriental da área, a partir de Guanhães.

4.3 Elementos de Hidrologia de Superfície

4.3.1 Escoamento Superficial

Três importantes bacias hidrográficas (fig. 4.9) estão situadas na área abrangida pela folha Belo Hori zonte-SE, que são:

Bacia do rio São Francisco

Bacia do rio Doce

Bacia do rio Jequitinhonha

Bacia do rio São Francisco - Ocupa uma área de 32.735 km², aproximadamente 47% da área total da folha em estudo, do meridiano 43°30' para oeste. É representada pelos rios das Velhas, Paraopeba e Pará, afluentes do rio São Francisco pela sua margem direita.

Esses três rios apresentam seus cursos com di reção geral SE-NW, sendo os rios Paraopeba e Pará formado res da barragem de Três Marias, onde desaguam. O rio das Velhas desagua no rio São Francisco a jusante da barragem.

A região drenada por esta bacia apresenta, a lém da capital do Estado, Belo Horizonte, outras cidades im portantes, tais como Sete Lagoas, Curvelo e Corinto.

É uma região bastante desenvolvida industrial mente, notadamente na sua parte sul, na área denominada Gran

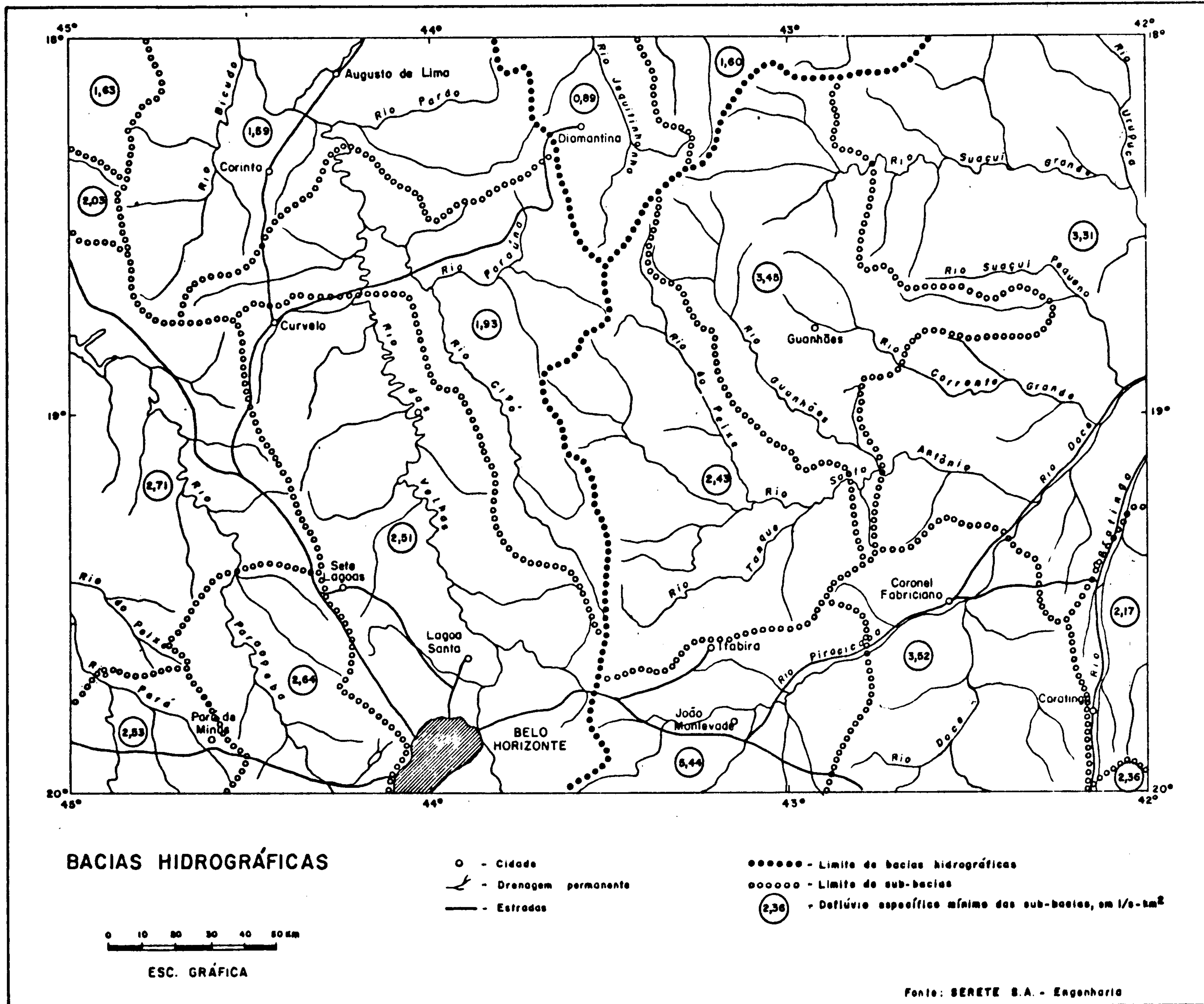


FIG. 49.

de Belo Horizonte.

As descargas médias mensais desta bacia estão indicadas na figura 4.10.

Bacia do rio Doce - Drena uma área de 33.432 km², aproximadamente 48% da área total da folha, a partir do meridiano 43°30' para leste. É constituída pelo alto/médio curso do próprio rio Doce e pelos seus afluentes, os rios Piracicaba, Santo Antônio, Corrente Grande, Suaçuí Pequeno e Suaçuí Grande.

O curso do rio Doce apresenta inicialmente a direção S-N, passando depois a SW-NE. O rio Piracicaba possui direção SW-NE, os rios Santo Antônio e Suaçuí Grande direção W-E e os rios Corrente Grande e Suaçuí Pequeno direção NW-SE, sendo o curso deste último inicialmente W-E.

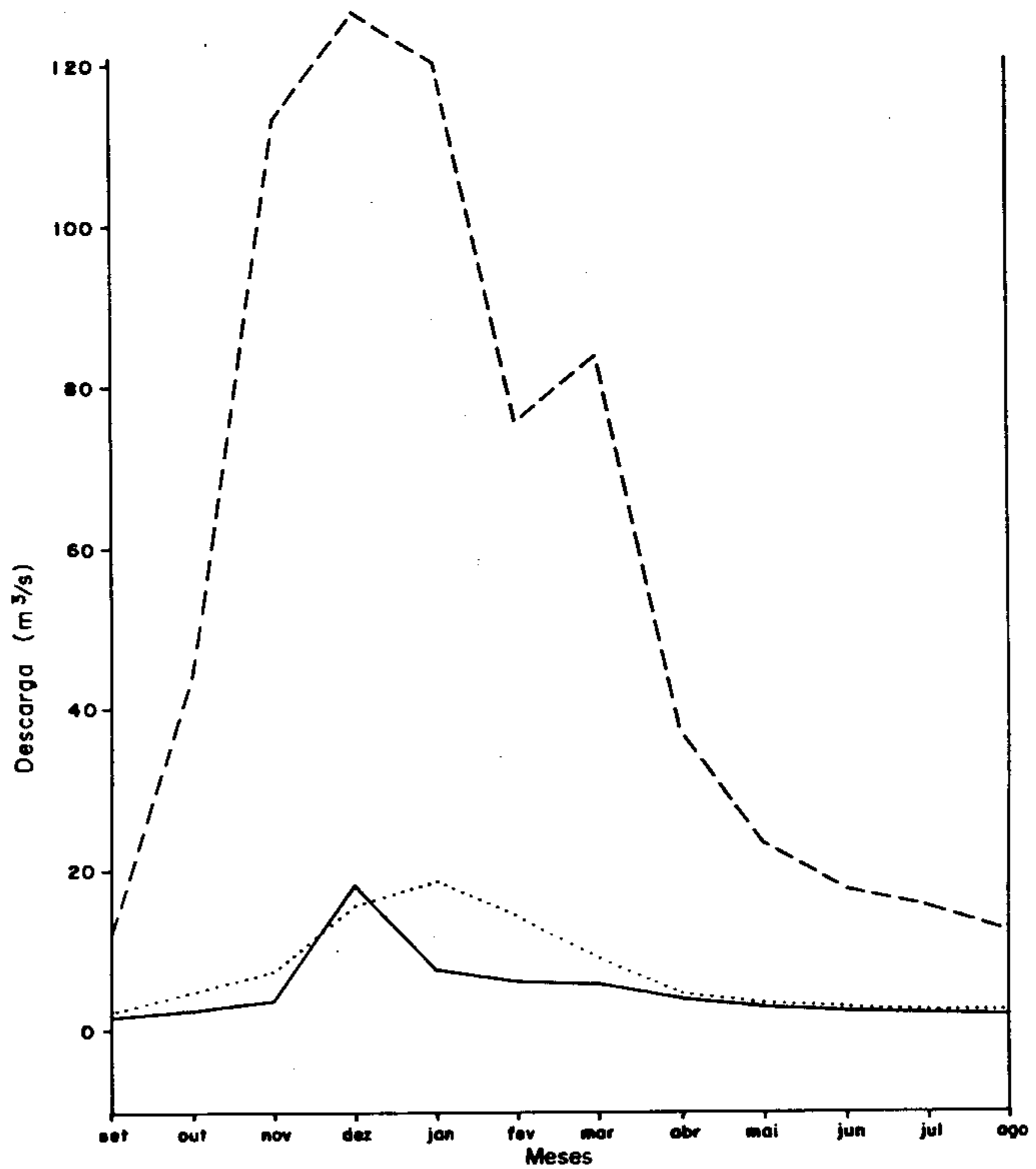
As principais cidades na área de influência desta bacia, no âmbito da folha em estudo, são: Caratinga, João Monlevade, Ipatinga, Coronel Fabriciano, Itabira, Guanhaes, Peçanha, São João Evangelista e Santa Maria do Suaçuí.

A economia na bacia do rio Doce é sustentada, principalmente, pela pecuária de corte, garimpagem de pedras preciosas e semi-preciosas, e ainda pelas minerações, siderúrgicas e metalúrgicas existentes.

Na figura 4.11 estão indicadas as descargas médias mensais de rios pertencentes à bacia.

Bacia do rio Jequitinhonha - Drena uma pequena área de 3.483 km² acima do paralelo 18°30', ao norte da cidade de Serro, que corresponde, aproximadamente, a 5% da área total da folha.

DESCARGAS MÉDIAS MENSAIS



ESTAÇÃO

RIO

NÚMERO

— - FAZ. DA CONTAGEM

JEQUITIBÁ

05.19.44.17

- - - PRES. JUSCELINO

PARAÚNA

05.18.44.03

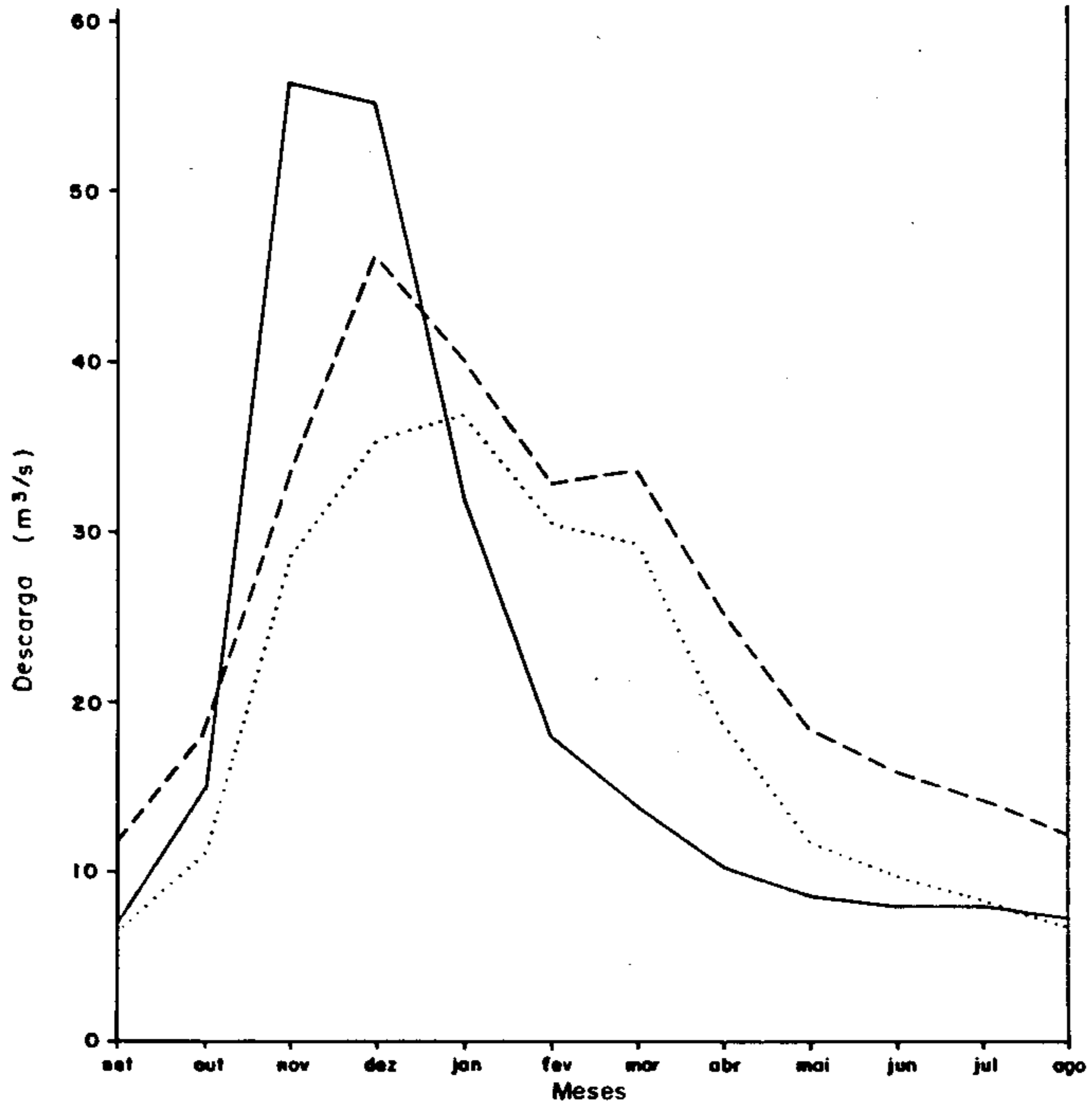
..... PONTE PRETA

JABOTICATUBAS

05.19.43.10

FIG. 4.10

DESCARGAS MÉDIAS MENSAIS



ESTAÇÃO	RIO	NÚMERO
——— - FAZ. URUPUCA	URUPUCA	05.18.42.06
- - - - - SENHORA DO PORTO	GUANHÃES	05.18.43.03
..... - DOM JOAQUIM	PEIXE	05.18.43.05

FIG. 4.11

Os cursos d'água que definem esta pequena bacia constituem as nascentes do rio Jequitinhonha.

Seu curso tem direção S-N e a principal cidade, na região abrangida por esta bacia, é Diamantina.

No quadro 4.8 são apresentadas as descargas médias com as respectivas áreas de drenagem e o período no qual foram registradas essas descargas, para 6 rios, sendo 3 da bacia do rio Doce e 3 da bacia do rio São Francisco. É necessário frisar que para o rio Urupuca da área de drenagem citada (2.997 km²) apenas 1.218 km² estão contidos na área.

Na bacia do rio Doce a menor média de descarga foi de 19,5 m³/s para o rio do Peixe, estação de Dom Joaquim, e a maior foi de 25,2 m³/s para o rio Guanhães, estação de Senhora do Porto. Na bacia do rio São Francisco a menor média conhecida é de 4,8 m³/s para o rio Jequitibá, estação de Fazenda da Contagem, e a maior é de 56,8 m³/s, para o rio Paraúna, estação de Presidente Juscelino.

4.4 Geomorfologia

A área do estudo, segundo o mapa geomorfológico do Projeto Radar de Minas Gerais (1977) (fig. 4.12) apresenta nove unidades geomorfológicas, conforme relacionadas a seguir:

- Superfícies aplainadas
- Zona de colinas
- Planaltos residuais do São Francisco
- Quadrilátero Ferrífero
- Serras, patamares e escarpas do Espinhaço
- Planalto e áreas dissecadas do Jequitinhonha
- Zona de colinas e cristas

DESCARGAS MÉDIAS E ÁREAS DE DRENAGEM

BACIA	RIO	ESTAÇÕES		VAZÃO MÉDIA ANUAL (m ³ /s)	ÁREA DE DRENAGEM (km ²)	PERÍODO
		NÚMERO	NOME			
RIO DOCE	GUANHÃES	05.18.43.03	SENHORA DO PORTO	25,2	1.405	1946 - 1973
	DO PEIXE	05.18.43.05	DOM JOAQUIM	19,5	1.110	1946 - 1973
	URUPUCA	05.18.42.06	FÁZ. URUPUCA	19,9	2.997	1970 - 1972
RIO SÃO FRANCISCO	JABOTICATUBAS	05.19.43.10	PONTE PRETA	7,4	524	1949 - 1971
	JEQUITIBÁ	05.19.44.17	FAZ. DA CONTAGEM	4,8	476	1966 - 1972
	PARAUNA	05.18.44.03	PRESIDENTE JUSCELINO	56,8	3.912	1965 - 1972

- Zona de pontões
- Depressão interplanáltica do rio Doce

As superfícies aplainadas são resultantes da drenagem dos rios Paraopeba e das Velhas sobre ardósias, metassiltitos e calcários, principalmente.

A zona de colinas é definida por áreas dissecadas resultantes do aprofundamento da drenagem do alto curso dos rios Paraopeba e das Velhas sobre superfícies de aplainamento no contato do embasamento com bacia sedimentar.

Os planaltos residuais do São Francisco definem um relevo elaborado sobre extensas áreas de terrenos sedimentares (predominando arenito, ardósia, metassiltito e calcário) e trechos de maciço antigo, com predomínio de quartzitos.

A unidade denominada Quadrilátero Ferrífero abrange pequena porção a leste de Belo Horizonte e é caracterizada por formas de relevo apalacheano e de relevo invertido elaboradas sobre estruturas dobradas e falhadas. Predominam quartzitos, crostas ferruginosas, itabiritos, xistos e filitos.

As serras, patamares e escarpas do Espinhaço, constituem os testemunhos escalonados de superfície de aplainamento que truncaram estruturas dobradas e falhadas.

O planalto e as áreas dissecadas do Jequitinhonha, abrangendo pequena área ao norte de Diamantina, apresentam formas tabulares de relevo intercaladas com áreas dissecadas ao longo dos vales, originadas do desmonte parcial de extensa superfície de aplainamento.

A zona de colinas e cristas abrangendo a parte centro-sul da folha até próximo ao seu extremo norte, apresenta um conjunto de formas de relevo evoluído por

cessos de dissecação fluvial sobre o embasamento granito-gnáissico indiviso.

A zona dos pontões, localizada no canto SE da folha, define áreas caracterizadas por numerosas ocorrências de formas de relevo elaboradas por processos de erosão diferencial e descamação concêntrica sobre rochas granito-gnáissicas.

A depressão interplanáltica do rio Doce define uma área de colinas, interflúvios tabulares e vales colmatados, situada ao longo do vale do rio Doce, originada da dissecação fluvial de superfícies aplainadas.

4.5 Solos e Vegetação

Os solos que ocorrem na folha Belo Horizonte-SE correspondem a três associações cuja descrição é apresentada a seguir:

- Associação de solos correlacionados com a floresta tropical de leste e chapadas nordestinas

Esta associação coincide com o domínio da floresta tropical do leste. Sua característica principal é a predominância do latossolo vermelho-amarelo com textura argilosa seguido do podzólico vermelho-amarelo e textura argilosa. O primeiro ocorre nas partes mais elevadas nos principais divisores d'água e o segundo é encontrado ao longo das principais linhas de dissecação do relevo, particularmente onde predomina a estação seca. Pertencem também a esta associação o gley pouco húmico e o gley húmico que ocorrem nas várzeas, constituindo solos aluviais de reduzida importância.

- Associação de solos relacionados aos cerrados do Brasil

Central e Sudeste

Identifica-se ao domínio dos cerrados do Brasil Central e seus prolongamentos, abrangendo não só as áreas de cerrados como também áreas de campos e ainda áreas onde ocorre cobertura vegetal do tipo florestal. Nesta as associação os tipos pedológicos marcantes são:

Latossolo vermelho-escuro, texturas argilosa e média.

Latossolo vermelho-amarelo, texturas argilosa e média.

Areias ácidas vermelhas e amarelas.

Estes tipos ocorrem nas chapadas e áreas de relevo suave.

Nas regiões de relevo montanhoso, nas encostas íngremes das seções do planalto e nas áreas dissecadas de entalhamento dos vales, ocorrem os solos concrecionários lateríticos indivisos, litossolo, podzólico vermelho-amarelo além de solos lateríticos marrom avermelhados. Solos orgânicos e gley húmico são encontrados nas veredas.

- Associação de solos correlacionados com rochas resistentes nas altas superfícies do Espinhaço, Canastra e Pacaraimã

Típica de áreas de topografia acidentada, compreendendo cristas e vertentes bastante íngremes, esta as associação está condicionada à presença de rochas resistentes à meteorização, tais como: quartzitos, itabiritos e certos xistos.

Nessa associação os principais solos são: litossolo, latossolo vermelho-escuro texturas argilosa e média nos platôs, solos húmiferos nos vales das serras do Cipó e Moeda, no Sistema do Espinhaço, solos brunos ácidos

(similar) e algumas ocorrências de podzol nos extremos meri
dionais do Espinhaço.

A cobertura vegetal restringe-se a dois tipos (fig. 4.13) segundo o Atlas do Brasil II-11, elaborado pelo IBGE, cuja descrição é apresentada a seguir:

- Cerrados - Este tipo de vegetação abrange praticamente 2/3 da área total da folha em estudo. Supõe-se que sua ori
gem esteja relacionada a ações antrópicas através de quei
madas sucessivas e também a fatores relacionados com a pedo
logia. Os cerrados são constituídos, em essência, por ele
mentos herbáceo-lenhosos, com predominância de herbáceas graminóides, intercaladas com árvores de pequeno porte (3 a 5 metros), de galhos e troncos retorcidos.

Vários tipos e subtipos de cerrados podem ser encontrados em função do porte e da densidade de árvores. Ma
tas galerias são encontradas ao longo dos cursos d'água que drenam a área.

- Floresta Estacional Subcaducifólia Pluvial - conhecida também como mata mesófito, apresenta características bem variáveis e sua composição é ainda pouco conhecida. Neste tipo de vegetação existe grande abundância de cipós lenho
sos.

Na área de ocorrência desta formação vegetal está situado o Parque Florestal do Rio Doce. Neste parque são preservadas espécies vegetais nativas, sendo que nas par
tes onde houve derrubada das espécies naturais tem sido fei
to o reflorestamento.

4.6 Aspectos Sócio-Econômicos

O fato de 70,9% da população da área estar

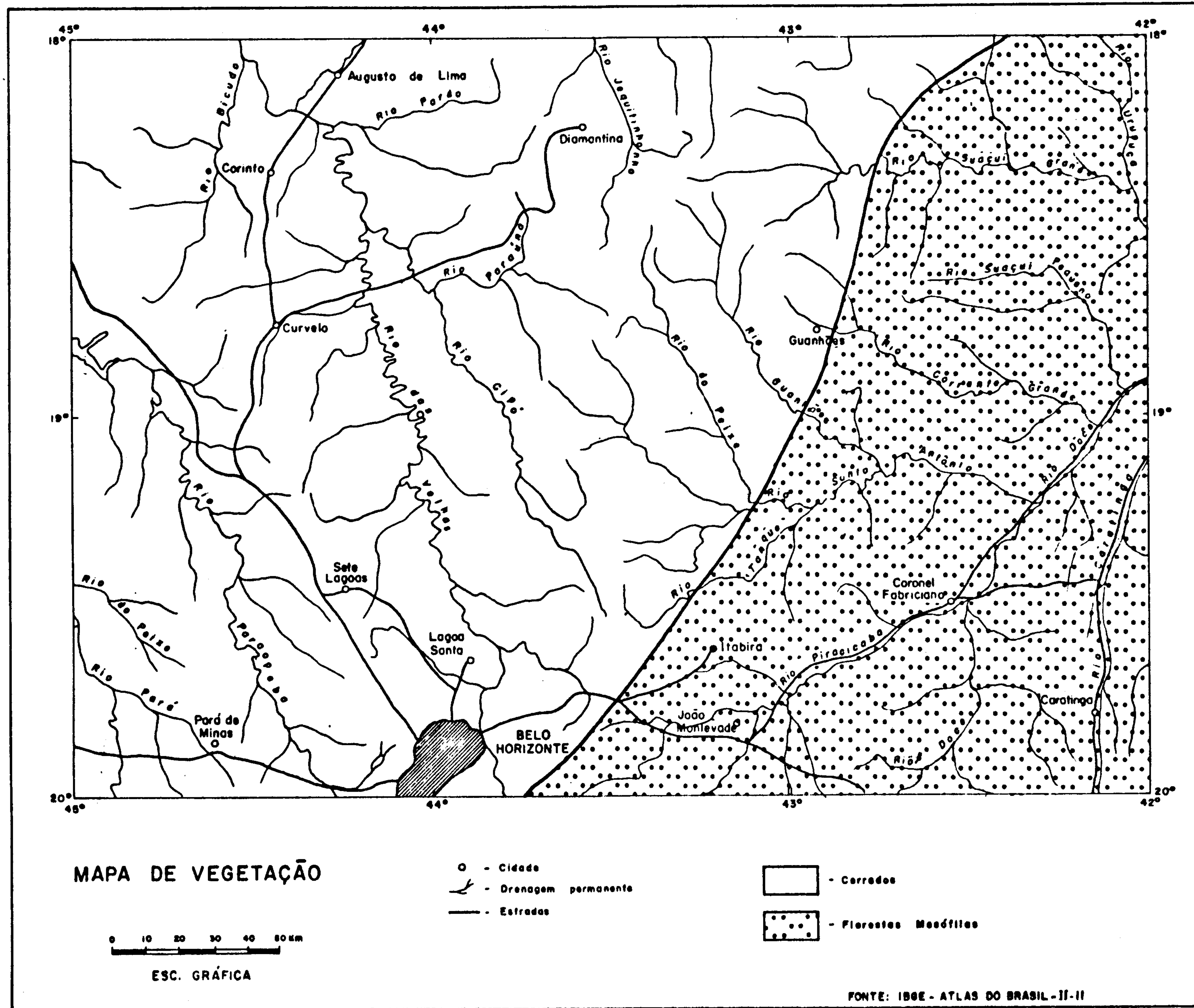


FIG. 4.13

concentrada nas sedes municipais bem demonstra que a economia da região se baseia na indústria, fator de concentração nas cidades. O quadro 4.9 apresenta as populações das micro-regiões com suas áreas e respectivas densidades demográficas.

As cidades mais importantes, seja pela sua concentração populacional, seja pelo seu desenvolvimento, são Belo Horizonte, Contagem, Sete Lagoas, Ipatinga, Itabira, Caratinga, João Monlevade e Coronel Fabriciano.

No setor de ensino, observa-se que uma boa parte das cidades possui pelo menos uma unidade de ensino de 2º grau e várias unidades de ensino de 1º grau. As faculdades de ensino superior estão restritas às cidades mais desenvolvidas da área.

Nos principais centros populacionais o setor hospitalar é bem representado e nas demais cidades é precário ou inexistente.

A energia elétrica é fornecida pela Centrais Elétricas de Minas Gerais - CEMIG, sendo esta energia proveniente das hidrelétricas de Furnas e Três Marias, localizadas, a primeira fora da área do projeto, e a segunda com pequena parte nesta folha e o restante na folha Belo Horizonte-SO. A eletrificação rural também existe em grande escala.

A mineração representa importante papel na economia da região. Na região de Nova Lima encontram-se minerações de ouro, sendo a mais importante a Mineração Morro Velho, considerada a maior mineração subterrânea de ouro da América Latina. O município de Diamantina é famoso pelos garimpos de diamante que possui. No município de Itabira estão situadas importantes jazidas de minério de ferro, exploradas pela Mineração Vale do Rio Doce. Na região de Pedro Leopoldo e Sete Lagoas são encontradas inúmeras fábricas de cimento e

POPULAÇÃO

MICRO-REGIÕES		POPULAÇÃO (hab)	ÁREA (km ²)	DENSIDADE DEMOGRÁFICA (hab/km ²)
Nº.	NOME			
166	MÉDIO RIO DAS VELHAS	85.802	10.679	8,0
167	MINERADORA DE DIAMANTINA	74.534	6.512	11,4
168	TEÓFILO OTONI	6.618	250	26,5
173	TRÊS MARIAS	18.853	2.423	7,8
174	BACIA DO SUAÇUI	318.249	13.871	22,9
175	GOVERNADOR VALADARES	146.452	3.757	38,9
180	ALTO SÃO FRANCISCO	13.894	925	15,0
181	CALCÁRIOS DE SETE LAGOAS	177.706	8.240	21,5
182	BELO HORIZONTE	1.774.012	4.786	370,6
183	SIDERÚRGICA	464.364	11.669	39,8
184	MATA DE CARATINGA	186.101	4.085	45,5
186	DIVINÓPOLIS	41.979	1.903	22,0
188	MATA DE PONTE NOVA	20.518	500	41,0
189	VERTENTE OCIDENTAL DO CAPARAÓ	1.690	50	33,8
	T O T A I S	3.330.772	69.650	478,1

Fonte: Censo Demográfico Estimativo do Brasil - IBGE - 1975

QUADRO: 4.9.

cal que utilizam os calcários do Grupo Bambuí para este fim. Na região de São José da Safira e Coroaci existem inúmeros garimpos de pedras semi-preciosas. No município de Belo Horizonte e na região denominada Grande Belo Horizonte concentram-se as indústrias e em Caeté, João Monlevade, Coronel Fabriciano, Timóteo (Acesita), Barão de Cocais e Santa Bárbara estão situadas importantes usinas metalúrgicas e siderúrgicas.

Em relação aos rebanhos (quadro 4.10), os números apresentados pela Sinopse Preliminar do Censo Agropecuário de Minas Gerais realizada pelo IBGE (1975), mostra que o rebanho bovino predomina amplamente sobre os demais e em ordem decrescente tem-se bovinos, suínos e equinos/asininos/muares. As aves estão acima de 4,5 milhões de cabeças.

No setor agrícola, segundo os dados fornecidos pelo Censo Agropecuário de Minas Gerais realizado pelo IBGE (1970) e pelo Atlas Geográfico do Estado de Minas Gerais confeccionado pelo IGA (1974), merecem destaque as culturas de banana(10.397.540 cachos), cana de açúcar(319.731 ton), milho(215.760 ton), laranja(159.665.000 frutos), mandioca (55.291 ton), arroz(28.563 ton), feijão(24.155 ton), café (17.480 ton), além de outras, tais como alho(461 ton) produzido nos municípios de Gouvea e Capim Branco, considerados os principais produtores do Estado.

A figura 4.14 apresenta o mapa de micro-regiões homogêneas e a divisão municipal da folha Belo Horizonte-SE.

SITUAÇÃO PECUÁRIA E AVÍCOLA

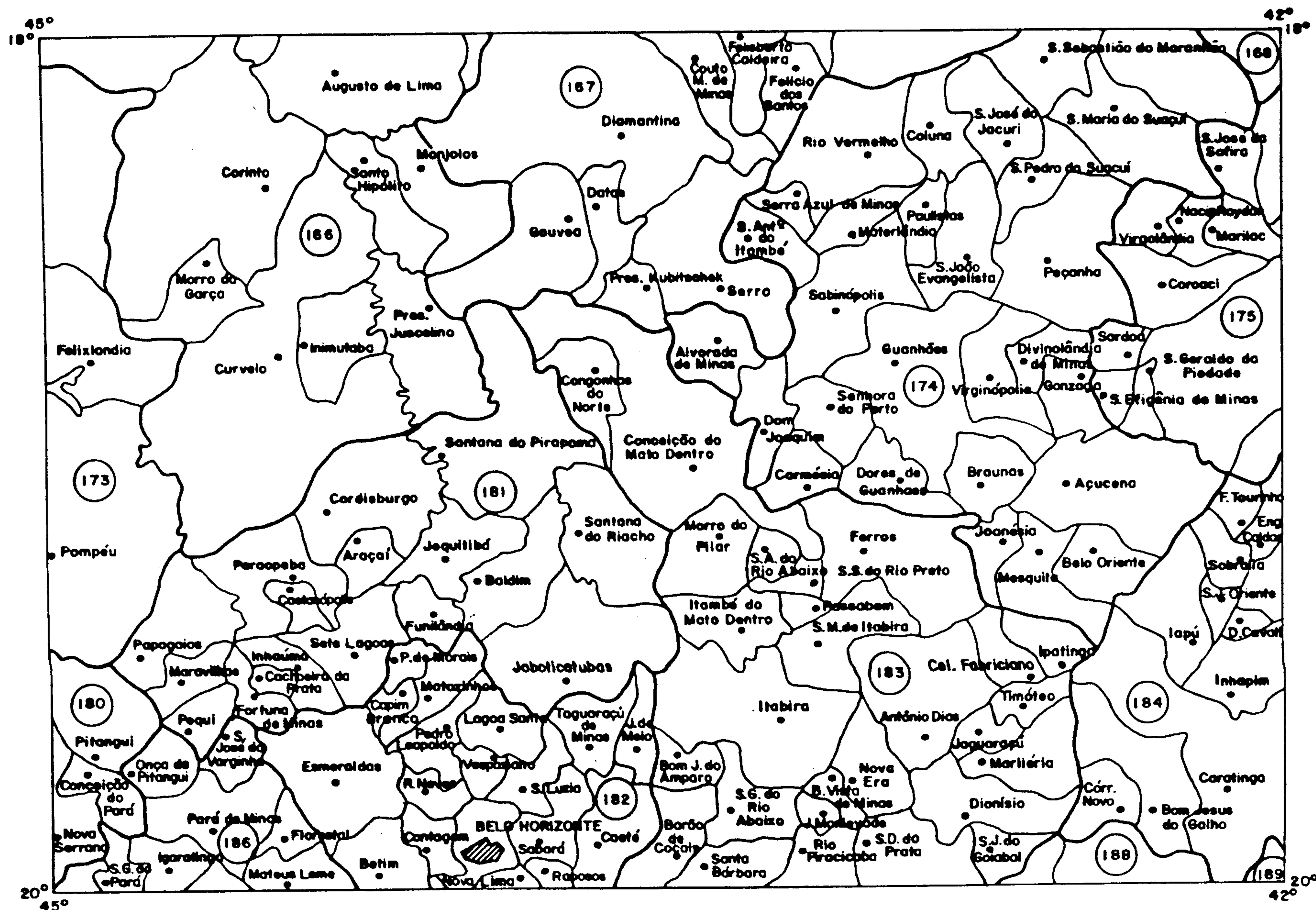
MICRO-REGIÕES		BOVINOS	SUINOS	EQUINOS, ASININOS MUARES	AVES
Nº	NOME				
166	MÉDIO RIO DAS VELHAS	220.354	34.287	11.790	231.354
167	MINERADORA DE DIAMANTINA	53.675	44.042	7.780	232.708
168	TEÓFILO OTONI	10.174	1.383	721	8.821
173	TRÊS MARIAS	60.417	10.718	2.445	45.860
174	BACIA DO SUAÇUI	536.932	149.243	43.107	755.036
175	GOVERNADOR VALADARES	283.808	28.792	10.509	210.912
180	ALTO SÃO FRANCISCO	42.103	6.904	1.720	63.818
181	CALCÁRIOS DE SETE LAGOAS	225.247	46.485	13.174	351.952
182	BELO HORIZONTE	146.353	46.185	10.824	1.300.805
183	SIDERÚRGICA	240.065	58.043	23.855	666.526
184	MATA DE CARATINGA	194.819	48.634	12.336	449.313
186	DIVINÓPOLIS	28.092	8.182	3.258	261.600
188	MATA DE PONTE NOVA	24.548	8.387	1.475	75.449
189	VERTENTE OCIDENTAL DO CAPARAÓ	2.093	859	299	5.668
	T O T A I S	2.068.680	492.144	143.293	4.659.822

Fonte: Sinopse Preliminar do Censo Agropecuário de Minas Gerais - IBGE - 1975

QUADRO: 4.10.

DIVISÃO MUNICIPAL

MICRO - REGIÕES HOMOGÊNEAS



MICRO - REGIÕES

LEGENDA

- (166) - MÉDIO-RIO DAS VELHAS
- (167) - MINERADORA DE DIAMANTINA
- (168) - TEÓFILO OTONI
- (173) - TRÊS MARIAS
- (174) - BACIA DO SUAÇUÍ
- (175) - GOVERNADOR VALADARES
- (180) - ALTO SÃO FRANCISCO
- (181) - CALCÁRIOS DE SETE LAGOAS
- (182) - BELO HORIZONTE
- (183) - SIDERÚRGICA
- (184) - MATA DE CARATINGA
- (186) - DIVINÓPOLIS
- (188) - MATA DE PONTE NOVA
- (189) - VERTENTE OCIDENTAL DO CAPARAÓ

- - LIMITE INTERMUNICIPAL
- - LIMITE DAS MICRO-REGIÕES HOMOGÊNEAS
- ▨ - CAPITAL
- - CIDADE

FONTE: MAPA GEOGRÁFICO DO ESTADO DE MINAS
GERAIS - 1965

FIG. 4.14

5. GEOLOGIA

5.1 Generalidades

Os fundamentos geológicos apresentados neste capítulo foram extraídos dos relatórios dos projetos Três Marias (DNPM/CPRM - 1977) e Jequitinhonha (DNPM/CPRM -1978), elaborados através da SUREG-BH.

A área englobada pela folha Belo Horizonte-SE, com aproximadamente 69.650 km², é constituída quase que totalmente (cerca de 91,6%) por rochas Pré-Cambrianas da Associação Barbacena/Paraíba do Sul, dos Super Grupos Rio das Velhas, Minas e Espinhaço, das intrusivas ácidas, básicas e ultrabásicas pré-Bambuí e do Grupo Bambuí. Os 8,4% restantes correspondem às áreas do Terciário e Quaternário representados por eluviões, coluviões e aluviões.

5.2 Rochas do Embasamento

Na área em estudo, as rochas cristalinas e cristalofilianas ocupam cerca de 91,6 % da mesma.

Estas rochas são representadas pelas seguintes unidades geológicas:

- a) Associação Barbacena/Paraíba do Sul -é constituída, na folha Belo Horizonte-SE, pelos Complexos Gnáissico-Migmatítico e Charnockítico.
- b) Super Grupo Rio das Velhas - é representado pelos Grupos Nova Lima e Maquiné.
- c) Super Grupo Minas - é constituído pelos Grupos Carança, Itabira e Piracicaba.

- d) Super Grupo Espinhaço - é definido pelo Espinhaço Indiviso e pelas rochas metavulcânicas.
- e) Rochas intrusivas pré-Bambuí.
- f) Grupo Bambuí - representado na área pelas Formações Macaúbas, Paraopeba e Três Marias.

Em termos de representatividade por área de ocorrência, destacam-se a Associação Barbacena/Paraíba do Sul, o Grupo Bambuí e o Super Grupo Espinhaço, vindo a seguir as demais com áreas pouco significativas.

5.2.1 Associação Barbacena/Paraíba do Sul

Embora no Projeto Vale do Paraíba do Sul (CPRM, 1976) tenha sido possível individualizar as Associações Barbacena e Paraíba do Sul, no Projeto Jequitinhonha (CPRM, 1978) isto não ocorreu devido à constatação de características comuns às duas associações, que vieram confundir os aspectos fundamentais utilizados para separar essas unidades. A vista disto, optou-se pela consideração de apenas uma Associação com a denominação Barbacena/Paraíba do Sul constituída de quatro complexos assim nomeados: Complexo Gnáissico-Migmatítico, Complexo Gnáissico-Kinzingítico, Complexo Granitóide e Complexo Charnockítico. Na área em estudo ocorrem apenas os Complexos Gnáissico-Migmatítico e Charnockítico.

5.2.1.1 Complexo Gnáissico-Migmatítico (pCgm)

Este complexo ocupa aproximadamente 54% da área, com grandes ocorrências a NE, SE e bordo meridional e

pequena representação a NW da folha, nas proximidades das cidades de Gouveia e Congonhas do Norte.

A morfologia é variável, com relevo montanhoso, escarpado e acidentado nos gnaisses e ondulado nos xistos, sendo a vegetação bem desenvolvida, com amplas áreas de mata. A drenagem está ajustada aos alinhamentos tectônicos e varia de retangular-paralela a dendrítica.

Na parte NE da área ocorre entre os gnaisses bandados migmatíticos, quartzo de veio de possível delimitação, tanto no campo como em fotografia aérea.

Intercalam-se também, itabiritos finos, podendo-se estabelecer, na fazenda Bom Jardim, na margem esquerda do rio Guanhães, a seguinte sequência da base para o topo:

- Gnaisse cinza escuro, de granulação grossa, com bandamento $N 60^{\circ}E/55^{\circ}NW$.
- Saprólito marrom escuro, intensamente magnetítico, oriundo de provável rocha calco-silicática.
- Gnaisse cinza esbranquiçado, de granulação média.

Macroscopicamente, podem-se distinguir nessas rochas gnáissicas finamente bandadas de granulação fina a média, moscovita, biotita e feldspato (plagioclásio), que predominam na maior parte da área. Uma posição subordinada é representada por biotita-anfibolito-gnaisse, observado nos arredores de Felício dos Santos e a sudoeste de Sapucaia de Guanhães.

Na parte SE, ocorre nas imediações do rio Doce, prolongando-se para oeste até o Super Grupo Espinhaço, biotita-gnaisse bandado com intercalações de anfibolito e lentes concordantes de pegmatito e moscovita.

Lentes de biotita-xisto apresentam-se interca

ladas nos gnaisses. Quartzitos micáceos, (p₀gmq) quartzo-xisto e micaxistos ocorrem concordantemente com os gnaisses, principalmente em uma faixa de largura variável que começa no rio do Peixe, a leste de Itabira, e que se estende até o rio Santo Antônio, a leste de Ferros. Outra faixa mais estreita e de menor extensão aparece a leste da primeira e prolonga-se desde o ribeirão Cuieté até as proximidades do rio Santo Antônio. Estas faixas têm direção aproximada de N20°E e são compostas principalmente por quartzito moscovítico e quartzo-xisto moscovítico. Uma faixa de quartzo e moscovita-xisto com biotita é encontrada entre Brejaúba e o rio Santo Antônio, onde mostra direção E-W, mudando bruscamente para N-S nas proximidades desta última localidade.

Na foz do rio Guanhães aparece um gnaisse conglomerático, cuja matriz é constituída por biotita-gnaisse sendo os seixos compostos por quartzo e silimanita.

Na região de ocorrência do anfibólio-gnaisse, o relevo apresenta-se mais saliente, com tonalidade mais escura e uma textura rugosa. Nas áreas de predominância do biotita-gnaisse o relevo é mais acidentado, exibindo vales em "V" e uma topografia relativamente baixa em relação às faixas quartzíticas e de gnaisse anfibolítico.

Na região meridional o Complexo Gnáissico -Migmatítico forma extensa faixa contínua, que se estende desde a cidade de São José do Goiabal até as proximidades das cidades de Nova Serrana e Conceição do Pará. Apresenta-se morfologicamente muito arrasada, sobressaindo-se apenas cristas alinhadas segundo as direções preferenciais dos esforços, onde predominam vales abertos, reflexos dos intensos efeitos erosivos a que esteve submetida a região.

O relevo apresenta-se com uma topografia colli

nosa, com altitudes variando de 600 a 800 metros, sendo que nas regiões onde se processou um tectonismo mais intenso torna-se bastante acidentado com desníveis abruptos, muitas vezes escarpados.

A drenagem dominante é do tipo dendrítico retangular, onde se apresenta condicionada à estruturação tectônica.

Seu solo é de natureza ácida, condicionando à região o desenvolvimento de uma cobertura vegetal do tipo cerrado ralo.

As rochas que ocorrem nesta região são representadas essencialmente por gnaisses bandados e graníticos, apresentando com menor frequência granitos e micaxistos.

Os gnaisses bandados quando não intemperizados, apresentam-se com coloração cinza-clara, granulação variando entre média a grosseira e uma orientação definida ou, às vezes, incipiente, dada pelos seus minerais.

Os gnaisse-graníticos em geral tem granulação grosseira, coloração cinza-clara, aspecto maciço, embora localmente possam apresentar uma incipiente orientação de minerais micáceos, notadamente a biotita.

As ocorrências de granito encontram-se nas proximidades de Jaguará e Guardas. Sua composição mineralógica é constituída de quartzo, feldspato, plagioclásio, biotita e moscovita, apresentando granulação variando de média a grosseira.

Ocorrência de micaxistos encontram-se na região de Ravena. São feldspatizados, com o aparecimento de microclina tanto em cristais irregulares que penetram pelos espaços intergranulares, como em finos cristais com tendência idioblástica.

No bordo meridional da área, nas imediações de

Pará de Minas, aparece uma falha de distensão de direção NW-SE e com aproximadamente 30 km de extensão. Como resultado desse grande falhamento, os gnaisses estão intensamente cataclasados, com seus minerais (quartzo e feldspato) bastante estirados e as rochas fortemente cisalhadas.

Os alinhamentos estruturais apresentam direção preferencial NW-SE, às vezes também NE-SW, o mesmo acontecendo com os diques de rochas básicas, de textura variando entre diabásica e gabróide, às vezes anfibolítica, que cortam as rochas da associação.

Na parte NW da área de estudo, nas imediações de Gouveia e Congonhas do Norte, ocorrem gnaisses bandado e granito com as mesmas características dos descritos anteriormente.

Micaxistos com anfibolitos e biotita - gnaisses subordinados (pegmatítico), ocorrem em uma grande faixa no canto NE da folha com uma largura aproximada de 10 km, alongada segundo a direção geral NS.

Na estrada que liga Nacip Raydan a Marilac foi constatado um aumento dos minerais félsicos nos gnaisses menos intemperizados. A cerca de 2 km a leste de Nacip Raydan foi observada a passagem transicional do biotita-gnaisses regional, de granulação fina e média, para quartzo-moscovita-granada-grafita-xisto o qual tem continuidade física até Marilac.

Cerca de 2 km a SE de São José da Safira ocorrem quartzo-biotita-granada-xistos de coloração cinza esbranquiçada encaixando pequenos filões pegmatíticos mineralizados. Esta litologia tem continuidade até o rio Urupuca, a leste, onde aparecem quartzo-biotita-granada-estauroлита-xistos com intercalações de xistos carbonáticos.

No extremo SE, numa faixa com largura média de 25 km, que abrange as cidades de Fernandes Tourinho, Sobrália, São João do Oriente, Iapu, Bom Jesus do Galho, até o limite sul da área e numa pequena faixa a SE de Caratinga, ocorrem gnaisses granatíferos (p_εgmck) e biotita-gnaisses, laminados. Ocorrem ainda charnockitos com estrutura isotrópica e com foliação gnáissica. Subordinadamente charnockitos de granulação muito grosseira e rochas gabróides.

Falhamentos são observados nesta região, com direção geral norte sul.

5.2.1.2 Complexo Charnockítico (p_εck₁)

Esta unidade é representada por charnockitos de estrutura maciça (localmente porfiroblástica) e charnockitos com foliação gnáissica. Ocorrem numa faixa com largura aproximada de 20 km, estreitando-se para norte no canto SE da folha.

Na área de ocorrência destas rochas originou-se um relevo acidentado com cristas de serras alinhadas segundo a direção NE-SW. Nas áreas dissecadas o relevo mostra-se ondulado com pequenas elevações arredondadas.

A drenagem resultante, controlada normalmente pela tectônica, é do tipo retangular a sub-retangular passando a sub-paralela.

5.2.2 Super Grupo Rio das Velhas

O Super Grupo Rio das Velhas, constituído dos Grupos Nova Lima (p_εrni) e Maquiné (p_εrm), ocorre no extremo meridional da área, ao sul das serras do Curral e da Piedade, em ambas as margens do rio das Velhas, onde engloba par

te dos municípios de Nova Lima, Sabará, Santa Bárbara e Ba
rão de Cocais, até as proximidades de Caeté.

As rochas desse Super Grupo estão profundamen
te intemperizadas e dissecadas, topograficamente arrasadas e
com vales apertados. De modo geral, as altitudes variam de
600 a 800 metros. A drenagem está condicionada aos diferen
tes tipos litológicos e a estruturação regional, predominando
os padrões dendrítico, retangular e paralelo. A vegetação
em toda a sua área de ocorrência é escassa, refletindo a
pobreza do solo e o condicionamento topográfico. Em geral,
as rochas do Super Grupo Rio das Velhas apresentam estilo
de dobramento complicado, com antifomes e sinformes aperta
dos e revirados, com eixo na direção NE-SW e E-W.

5.2.2.1 Grupo Nova Lima (pErni)

Este grupo é constituído de filito cinza es
verdeado a cinza prateado, sendo que quando sofre intemperismo
adquire coloração amarelada e marrom-avermelhada; filitos
grafitosos, com lentes e zonas de formação ferrífera, meta
morfisados; clorita-xistos cinza esverdeados, aspecto sedo
so- quando sofrem intemperismo apresentam-se amarronzados,
avermelhados ou rosados e com xistosidade muito acentuada;
metavulcânica cinza azulada, granulometria fina; dolomito
róseo, por vezes muito puro, de granulometria fina com dolo
mita bem recristalizada e contendo sulfetos; grauvaca intem
perizada, cor esbranquiçada, com grãos de quartzo e feldspato
arredondados, granulação fina discretamente xistosa; quar
tzito rosa acinzentado, composto essencialmente de quartzo
de granulação fina a média e mica branca; quartzo-carbonato-
hematita-xisto (formação ferrífera), de fácies carbonatada

com alternância de chert, siderita e hematita; anfibolito cinza azulado e cinza preto, com xistosidade definida, de granulação fina a grosseira; e rochas ultrabásicas, constituídas por serpentinitos cinza esverdeados.

O principal sistema de falhas que afeta as rochas do Grupo Nova Lima está localizado a leste da cidade de Sabará, apresentando direção NE-SW.

5.2.2.2 Grupo Maquiné (Perm)

Predominam intercalações de quartzo finamente listrado, de coloração cinza clara, com cristais maiores envolvidos por quartzo branco de finíssima granulação, aspecto sedoso; conglomerados lenticulares, geralmente marrons escuros, constituídos de seixos alongados de quartzo de veio, filitos e quartzitos; filitos e micaxistos de coloração marrom, cinza e esverdeada.

As rochas do Grupo Maquiné, a leste de Nova Lima, apresentam camadas invertidas com direção NE-SW e mergulho forte para SE.

5.2.3 Super Grupo Minas

As rochas do Super Grupo Minas ocorrem no extremo meridional da área de estudos a este e sul de Belo Horizonte, formando as serras do Curral e da Piedade e a SE de Caeté e proximidades de Mateus Leme, Juatuba e Florestal, onde fazem parte do "Quadrilátero Ferrífero". Ocorrem também nas vizinhanças das cidades de Itabira, João Monlevade e Rio Piracicaba.

As rochas deste Super Grupo estão divididas em três Grupos: Caraça, Itabira e Piracicaba.

Essa unidade profundamente dissecada apresenta altitudes em torno de 700 a 800 metros.

A drenagem é densa, predominando o tipo dendrítico retangular e paralelo, condicionada aos padrões litológicos. A vegetação predominante é o cerrado acompanhando as encostas das serras.

Tectonicamente bastante afetadas, as rochas do Super Grupo Minas apresentam estilos de dobramento complicados, com eixos na direção NE-SW e E-W na parte sudeste da área e NE-SW e N-S na parte sudoeste.

5.2.3.1 Grupo Caraça (pEmc)

Este grupo é constituído das seguintes rochas: quartzito normalmente branco ou acinzentado, maciço, composto de quartzo com granulação fina a média e subordinadamente mica branca, bem laminado com planos de aleitamento definidos; filitos cinza escuros e prateados, levemente grafitosos; e conglomerados de seixos de quartzo, com pouco quartzito.

Do ponto de vista da origem e ambiente de sedimentação, o Grupo Caraça é definido por sedimentos clásticos de granulação fina a grosseira e que teriam sido depositados durante uma transgressão marinha. As rochas dessa sequência teriam sido depositadas durante a fase pré-orogênica das bacias geossinclinais.

5.2.3.2 Grupo Itabira (pEmi)

É formado da litologia seguinte: itabirito cinza prateado a cinza escuro, constituído de bandas com alternância de quartzo e hematita; dolomito de cores variadas de

pendendo da quantidade e da natureza das impurezas, assim como branco, cinzento, avermelhado e esverdeado; e filito marrom acinzentado.

Supõe-se que este grupo tenha a sua origem em sedimentos químicos que foram depositados em ambiente de mar raso. Suas formações ferríferas, principalmente os itabiritos, foram depositados em ambiente de oxidação em mar bastante raso.

5.2.3.3 Grupo Piracicaba (pCmp)

É constituído de filito cinza prateado, cinzento e castanho; quartzito ferruginoso com grãos de quartzo bem arredondados e de minerais ferruginosos; dolomito acinzentado, essencialmente argiloso; ortoquartzito cinza claro de granulação fina a média, grãos de quartzo bem arredondados, com estrutura laminada; e conglomerado basal, constituído de seixos de fragmentos erodidos de itabiritos, dolomitos e filitos.

O Grupo Piracicaba é suposto originado de sedimentos clásticos que foram depositados, localmente, em ambiente de transgressão, em geossinclinal.

5.2.4 Super Grupo Espinhaço (pEei - pEmv)

Os quartzitos, quartzitos conglomeráticos, conglomerados, filitos e formações ferríferas que ocorrem na serra do Espinhaço, inicialmente reunidos por Derby (1906) como Série de Minas ainda não tem o seu posicionamento estratigráfico bem definido apesar das inúmeras contribuições dos diversos autores que os tem estudado.

Em dezembro de 1974 foi realizada em Salvador,

uma reunião em que estiveram presentes técnicos da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM, PROSPEC e Departamento Nacional da Produção Mineral-DNPM, com o objetivo de integrar dados de vários projetos regionais em andamento nos Estados da Bahia, Minas Gerais, São Paulo e Espírito Santo, ficando estabelecido a denominação "Super Grupo Espinhaço" para o conjunto de rochas metassedimentares e vulcânicas ácidas, que ocorrem na extensa região que corresponde à serra do Espinhaço.

Este Super Grupo ocorre em uma grande faixa desde o extremo setentrional até as proximidades do limite meridional da área.

Uma pequena ocorrência encontra-se na serra do Rio do Peixe, nas proximidades das cidades de Pitangui e Pequi, a oeste de Belo Horizonte.

Esta unidade caracteriza-se por aspectos topográficos diretamente subordinados aos quartzitos e sua estrutura. Os planaltos representam a feição morfológica dominante, destacando-se no relevo regional. Os quartzitos, dobrados e intensamente diaclasados, formam as maiores elevações, que atingem na parte central da serra altitude de 1.600 metros.

O padrão de drenagem predominante é paralelo e geralmente definido pelo tectonismo regional. Nos chapadões desenvolve-se microdrenagem dentrítica.

As rochas do Super Grupo Espinhaço parecem assentar-se discordantemente sobre as rochas mais antigas da Associação Barbacena/Paraíba do Sul.

A direção geral da clivagem das rochas quartzíticas é N-S, com mergulhos geralmente abaixo de 30° . O mergulho da foliação é mormente para leste, sempre com valores entre 30° e 60° , com frequentes variações locais.

Com as rochas do Super Grupo Minas, o contato se faz por uma falha inversa, aproximadamente E-W, que posiciona aquelas rochas sobre estas.

O Super Grupo Espinhaço é constituído por rochas metassedimentares representadas por quartzitos e metaconglomerados extremamente deformados. Associados a esses ocorrem xistos e filitos que aparecem intercalados em diferentes níveis.

Em certos lugares esses xistos associam-se, ou mostram gradações para rochas metavulcânicas que passam localmente a básicas ou ácidas.

Nos locais onde as rochas quartzíticas se mostram intactas, dificilmente são encontrados leitos pelíticos, o que leva a crer que, na área em questão, seriam eles realmente muito raros. Assim sendo, é lícito supor que a maioria desses xistos provem da diaftorese sobre vulcânicas diversas.

Diversos autores sugeriram que a sequência Espinhaço apresenta três situações de invasões vulcânicas: uma parcialmente anterior aos quartzitos e predominantemente ácida à intermediária; uma segunda francamente intrusiva, porém anterior à principal deformação e predominantemente básica (até ultrabásica) e talvez uma última, também básica, formando apenas raros diques e conseqüente à principal deformação. As duas primeiras encontrar-se-iam metamorfisadas, quase totalmente xistificadas e apresentando, em muitos locais, adiantada diferenciação metamórfica que segregou óxidos e silicatos em finas bandas. Na sequência litológica observada, podem-se distinguir dois conjuntos estratigráficos mais ou menos característicos: quartzitos finos, com níveis conglomeráticos e xistos metavulcânicos associados a xistos quartzosos (metarcósios e metagrauvas); e conglomerados

oligomíticos e raramente polimíticos passando a ortoquartzitos e quartzitos sericíticos com raras intercalações de filitos. Ambos os conjuntos são cortados por metabasitos que variam de filitos a anfibolitos diabasóides.

O conjunto de rochas que constitui o Super Grupo Espinhaço é caracterizado por um estilo de dobramento, em geral, não muito complexo. A grande faixa de ocorrência na folha, representa uma grande estrutura semi-anticlinória, que se estende na direção N-S.

No limite sul, as camadas quartzíticas da serra das Cambotas, pertencentes ao sistema Espinhaço, estão truncadas pelas sinclinais do Quadrilátero Ferrífero. Nessa região, as rochas do Super Grupo Espinhaço Indiviso, com direção geral N-S, limitam-se com a estruturação aproximadamente E-W das rochas do Super Grupo Minas.

5.2.5 Rochas Intrusivas

5.2.5.1 Intrusivas Ácidas (Y)

Esta denominação abrange os corpos graníticos e dioríticos que ocorrem na área compreendida pela folha Belo Horizonte-SE.

Esses corpos graníticos são pouco expressivos e ocorrem dispersos na área, encaixados na Associação Barbacena/Paraíba do Sul.

Dioritos foram encontrados próximo a Felício dos Santos e a norte de Belo Oriente, também encaixados na Associação Barbacena/Paraíba do Sul.

Também na localidade de Guardas (canto SW da folha) e próximo à cidade de Gouveia foram encontradas ocor

rências de rochas intrusivas ácidas.

5.2.5.2 Intrusivas Básicas e Ultrabásicas (β - γ)

Vários corpos e diques intrusivos básicos e/ou ultrabásicos ocorrem cortando rochas de todas as unidades, à exceção do Grupo Bambuí e das unidades que se superpõem a este. Essas estruturas estão ligadas às zonas de falhamentos e fraturamentos.

A NW de Belo Horizonte, nas proximidades de Maravilhas, ocorrem inúmeros diques, bastante destacáveis em fotos aéreas. São diabásios de cor cinza esverdeada a preta, de granulação fina a grosseira e de estrutura maciça.

Nas vizinhanças de Caeté, José de Melo e Taquaraçu de Minas, encontram-se corpos metabásicos isolados, apresentando coloração cinza esverdeada e granulometria média a grosseira, alguns exibindo estruturas orientadas.

A NE de Belo Horizonte e na porção meridional da área, no triângulo formado pelas cidades de Pará de Minas, Pitangui e Pequi, encontra-se a maior incidência de rochas metabasíticas.

Numerosos corpos básicos foram delimitados a NE de Coroaci, norte de Conceição do Mato Dentro, nos arredores de Dom Joaquim e Serro, entre Serro e Rio Vermelho, Rio Vermelho e Coluna, a norte de Materlândia, sudoeste de Pedra Menina e nos arredores de Santo Antônio do Itambé.

Apresentam uma forma de relevo abaulado, drenagem quase inexistente, vegetação exuberante e solo marrom avermelhado, com alto teor de magnetita.

No bordo meridional da área ocorrem frequentemente rochas básicas, associadas a fraturamento e em locais de contato entre duas unidades.

Ocorrência de rochas ultrabásicas foi encontrada nas proximidades de Divinolândia de Minas, classificada como serpentinito. As ocorrências de cromita nos arredores de Serro e as descobertas de platina nas vizinhanças de Pico do Itambé, indicam a presença de rochas ultrabásicas nesses locais.

5.2.6 Grupo Bambuí

O pacote litológico do Grupo Bambuí é constituído das seguintes rochas: conglomerados, diamictitos, ritmitos, arenitos, argilitos calcíferos, ardósias calcíferas, ardósias sílticas, margas, calcarenitos, brecha calcária, argilito síltico.

Este Grupo é constituído por quatro Formações, denominadas, da base para o topo de Macaúbas, Paranoá, Paraopeba e Três Marias. Na área abrangida pela folha Belo Horizonte-SE ocorrem apenas a primeira e as duas últimas.

O conjunto Bambuí caracteriza-se por faixas que refletem diferentes graus de tectonismo, em que áreas intensamente dobradas alternam-se com outras praticamente horizontalizadas.

Nas proximidades da serra de Minas e seu prolongamento para o sul, através da serra do Espinhaço, há o desenvolvimento de uma provável falha inversa entre as litologias das Formações Macaúbas e Paraopeba. Esse falhamento seria resultante da fase orogênica que promoveu o deslizamento dos estratos, posicionando a parte basal sobre a superior. As principais evidências que sugerem a existência desta provável estrutura são:

- a) Existência de escarpa abrupta no contato;

b) Desnível topográfico entre as duas unidades.

5.2.6.1 Formação Macaúbas (pEbm)

Esta unidade ocorre no centro da folha em pequenas ocorrências isoladas, respectivamente ao norte de Cardeal Mota e a este de Santana do Riacho, bordejando a serra do Cipó. Na região da serra de Minas encontra-se apenas um afloramento situado no trecho entre Santana do Riacho e Vila da Lapinha, e um outro, mais ao sul, a NE da Vila da Santa Bárbara.

Na porção setentrional da área encontram-se algumas ocorrências, que ultrapassam os limites da mesma, nas proximidades das cidades de Couto de Magalhães de Minas, Augusto de Lima e na localidade de Beltrão.

As áreas de ocorrências da Formação Macaúbas limitam-se com paisagem do planalto, onde são observadas abruptas diferenças de níveis. Nas ocorrências que bordejam as rochas do Super Grupo Espinhaço, desenvolve-se um relevo escarpado, também com abruptas diferenças de níveis, controlado estruturalmente.

O padrão de drenagem é dendrítico, às vezes condicionado aos sistemas de fraturas.

Devido ao obliteramento do acamamento original da parte basal da Formação Macaúbas pela foliação secundária, não é possível, na maior parte dos contatos existentes, uma relação precisa entre esta formação e as rochas quartzíticas do Super Grupo Espinhaço.

O pacote litológico que compõe a Formação Macaúbas é composto por rochas de natureza clástica e caracterizado por inúmeras variações faciológicas, podendo-se entre

tanto, distinguir, com base em critérios litológicos, 03
(três) unidades da lapa para a capa (sendo que apenas a primeira unidade ocorre na folha em estudo), conforme segue:

- a) Constituindo a unidade basal desta formação observam-se rochas conglomeráticas com variações faciológicas verticais e laterais, e passagem gradual, sem quebra;
- b) Como unidade intermediária ocorre uma sequência petrograficamente caracterizada como diamictitos;
- c) No topo, uma sequência de clásticos finos alternando-se com material pelítico, caracterizada como ritmitos.

As rochas que a constituem foram afetadas tectonicamente em diferentes graus, de acordo com seu posicionamento espacial e o comportamento tectônico das diferentes fácies.

Apesar do grande volume de trabalhos, estes ainda não são conclusivos sobre a origem das rochas que compõem essa formação.

A maioria atribui origem glacial à Formação Macaúbas, baseando-se, principalmente, nos seixos facetados que ocorrem nos horizontes conglomeráticos basais pobremente classificados.

Com base em critérios petrográficos pode-se fazer distinção entre dois tipos de rochas conglomeráticas.

O primeiro tipo é caracterizado principalmente pela predominância de megaclastos sobre a matriz. São conglomerados polimíticos, mal classificados, cujos clastos, predominantemente angulosos, variam muito quanto ao tamanho, formato e litologia. Encontram-se caoticamente dispostos na ma

triz, seixos que variam de grânulos a matacões de 1 metro ou mais de eixo maior. Ocorrem na parte inferior da sequência conglomerática, no bordo ocidental da serra do Espinhaço e nas proximidades da barragem do rio Paraúna, ao norte de Cardeal Mota, sopé da serra da Contagem, onde esses conglomerados exibem uma estrutura maciça e apresentam uma tonalidade cinza esverdeada. Outra ocorrência encontra-se no rio do Peixe a SE da localidade de Papagaios.

O segundo tipo conglomerático, ao contrário do primeiro, possui distribuição bem mais ampla, constituindo a litologia predominante da Formação Macaúbas.

Gradativamente em direção ao topo, vai enriquecendo-se de matriz até constituir arenitos com seixos pingados e, em seguida, arenitos puros. A contribuição argilo-micácea aumenta, enquanto a frequência e o tamanho dos seixos diminuem consideravelmente, atingindo estes no máximo 10 centímetros.

Nesses últimos são encontrados seixos de quartzitos e quartzo de veio predominantes, além de gnaisse, filitos, siltitos e argilitos. Os seixos caulinizados são, provavelmente, gnaisses decompostos.

A matriz varia deste puramente arenosa até arenofeldspática, de granulometria fina e com frequentes grânulos de quartzo azulado. Possui coloração avermelhada e amarelada quando alterada.

Intercaladas nesses conglomerados são encontradas camadas lenticulares de quartzitos micáceos de granulação fina a média, estratificação cruzada em "calha" e acamamento graduado.

A melhor exposição na área ocorre na estrada que liga o Cipó Veraneio Hotel (situado no Parque Estadual da Serra do Cipó) a Santana do Riacho.

5.2.6.2 Formação Paraopeba (p0bp)

Distribui-se em uma grande faixa de direção N-S ocupando quase toda a porção ocidental da área.

No bordo meridional delimita-se, contínua e irregularmente, com rochas da Associação Barbacena/Paraíba do Sul e, na região de Pitangui, com rochas do Super Grupo Espinhaço.

Apresenta uma morfologia bastante variada, estando os detalhes específicos diretamente subordinados à natureza litológica e estruturas resultantes das deformações tectônicas.

O domínio faciológico síltico-arenoso, distribui-se regionalmente na parte intermediária da bacia, apresentando relevo que varia desde serras escarpadas a superfícies muito arrasadas.

A drenagem dominante é do tipo dentrítico, com variações para dentrítica retangular, reflexos da estrutura, ambas muito densas.

A Formação Paraopeba recobre indistintamente as litologias pré-cambrianas mais antigas dos Super Grupos Rio das Velhas, Espinhaço, Minas e Associação Barbacena/Paraíba do Sul.

Este tipo de contato dá-se sempre por uma superfície erosiva, constituindo uma discordância angular do tipo não conformidade para as rochas da Associação Barbacena/Paraíba do Sul e inconformidade para as demais unidades citadas.

Ao sul da folha, o contato se dá através de uma provável falha inversa, colocando as rochas da Formação Macaúbas sobre os sedimentos da Formação Paraopeba. Esse tipo de contato prolonga-se para o norte até as proximidades da confluência do ribeirão da Prata com o rio Cipó, logo a sudeste da cidade de Presidente Juscelino.

A litologia é constituída por ardósias, margas, calcários (c) e calcarenitos finamente laminados em níveis de cor preta com granulação fina, que se alternam com níveis de tonalidades mais claras de granulação mais grosseira. Na serra de Maquiné, verifica-se a ocorrência de marcas onduladas de corrente, com direção geral E-W, em formas simples e cruzadas.

Na região de Monjolos predomina nos calcários a coloração cinza a cinza escura, sendo que pouco mais ao sul a coloração dominante é cinza claro. Nessa localidade o calcário é finamente laminado, por vezes com ondulações no acamamento.

5.2.6.3 Formação Três Marias (pCbt)

Sua área de ocorrência encontra-se no extremo noroeste, tendo continuidade na porção ocidental da área até as proximidades da localidade de Silva Campos.

Praticamente horizontalizada em quase toda sua área de exposição, exhibe um relevo mais ou menos arrasado com ondulações suaves.

O contato é feito por uma brecha, com matriz calcífera e seixos centimétricos angulares de material calcífero, arenitos e subordinadamente argilitos e siltitos, provenientes da desagregação das rochas da Formação Paraopeba.

Esta unidade caracteriza-se principalmente, por uma constância litológica regional e, mais ainda, pelas estruturas sedimentares primárias que são típicas e persistem em toda a área aflorante. A cor original predominante é marrom avermelhada, embora as camadas basais apresentem tonalidades cinza chumbo e cinza esverdeada.

Uma fácies basal pefítica constituída por brecha calcária, ocorre na serra das Garças e ao norte de Felixlândia. Os seixos têm dimensões variáveis, mas, em média, são centimétricos; têm formas diversas, geralmente angulares e com esfericidade baixa, predominando calcários pretos e cinzas; menos frequentes são os seixos de siltitos, de formas alongadas e bordos arredondados.

5.3 Rochas Sedimentares

No âmbito da folha Belo Horizonte-SE as ocorrências de rochas sedimentares estão restritas às coberturas indiferenciadas e aos depósitos recentes.

Em termos de superfície, como já foi dito anteriormente, esses sedimentos ocupam apenas 8,4% da área, em ocorrências de pequenas extensões e espessuras pouco representativas.

5.3.1 Coberturas Indiferenciadas

5.3.1.1 Terciário-Quaternário Indiferenciado (TQi)

Sedimentos terciário-quaternários, constituindo coberturas detríticas lateritizadas, ocorrem no extremo noroeste, parte dos bordos ocidental, setentrional e em certas áreas na porção central da área.

No extremo noroeste e no bordo ocidental, persystem nas extensas chapadas, com cotas em torno de 900 metros, desenvolvidas na sequência psamítica da Formação Três Marias.

Sobre os remanescentes mais elevados das antigas superfícies de erosão (ciclo Sul-Americano), distribu

buem-se areias, cascalhos e material siltico-argiloso in consistente ou parcialmente lateritizado ("silcrete e fer ricrete").

Sob essa cobertura desenvolveram-se sapróliti tos profundos nas rochas subjacentes, que, no caso dos sedimen tos detríticos lateríticos do Grupo Bambuí, podem apresentar aspectos de estratos mais jovens.

As coberturas mais elevadas começam a aparecer por alteração, laterização e desagregação das rochas mais antigas principalmente da Formação Três Marias, formando co lúvios que a partir dos testemunhos daquela formação, der ramam-se sobre as chapadas. Sob essas coberturas, as camadas subhorizontais da Formação Três Marias foram completamente lavadas, restando um arenito muito fino, claro, com leitos micáceos.

Por ser constituída predominantemente de ro chas quartzosas que apresentam maior resistência intempérica, essa superfície alcança suas maiores altitudes no conjunto orogenético da serra do Espinhaço.

Em certos locais os sedimentos terciário-quaternários são constituídos por areias e argilas, em porções variáveis e frações intermediárias, de cores geralmente avermelhadas e as vezes marrom escuras. Frequentemente se desenvolvem horizontes de cascalheiras provenientes de aglomerados detríticos cimentados por limonita e blocos de canga ferruginosa. Os fragmentos (seixos) são em geral angulosos, sem seleção, e predominantemente de quartzo de veio. Quanto ao tamanho dos fragmentos, variam desde grânulos a seixos de 10 a 15 cm. Os grânulos de concreções limoníticas ocorrem misturados indistintamente com as frações mais finas.

5.3.1.2 Quaternário Pleisto-Holoceno (Qphi)

Essas coberturas detríticas desenvolvem-se sobre superfícies não laterizadas, com altitudes médias de 500 a 600 metros, condicionadas aos níveis dos principais cursos d'água.

Ocorre em certos pontos da porção setentrional, distribuindo-se pelo centro até o extremo ocidental da área, cobrindo descontinuamente solos pouco profundos preferencialmente desenvolvidos sobre as unidades litológicas da Formação Paraopeba.

O material retrabalhado das coberturas antigas foi redistribuído pelos terraços e planícies em expansão da drenagem mais recente, ocupando sob a forma de colúvios as encostas mais suaves, onde se torna difícil sua separação dos depósitos mais antigos.

Sobre as chapadas peneplanizadas, exibidas pela antiga planície de inundação dos principais rios, acumularam-se espessas coberturas de solo, que se podem dividir em dois estágios de evolução pedológica: eluvionar e coluvionar.

No primeiro estágio pode-se frequentemente diferenciar os horizontes A e B. O horizonte A, geralmente é uma capa de solo eluvionar siltico-argiloso de cores variando do branco amarelado a amarelo com tonalidade avermelhada. O horizonte B é a rocha sotoposta intemperizada (siltitos ou arcósios), sem estrutura, porém ainda coesa. A espessura desse horizonte AB aflorante é variável e geralmente não ultrapassa 0,5 m em cortes naturais.

O segundo estágio, quando completo, é composto de três níveis de contribuição coluvionar litologicamente distintos. Normalmente, o perfil pedológico revela um ou dois níveis. O primeiro nível, assentado sobre o horizonte A, é constituído de seixos arredondados e angulosos de quart

zito, quartzo e arenitos, variando no tamanho desde grânulos até blocos de 10 cm de diâmetro, sempre de formato esférico. Sua espessura é variável, atingindo no máximo 01 metro. O segundo nível é constituído de seixos pouco arredondados, e até angulosos, de arcósios vermelhos bastante friáveis e siltitos arcosianos. Os seixos variam desde 5 cm até grânulos. O conjunto assume cor avermelhada intensa com espessura variável, em média 30 cm. O terceiro e último nível é uma camada de sedimentos siltico-arenosos (finos) de coloração marrom avermelhada e espessura média de 2 metros.

5.3.2 Depósitos Recentes (Qha)

Na porção setentrional em direção ao centro, esta unidade constitui pequenos trechos, geralmente descontínuos, situados preferencialmente nas regiões arrasadas, onde afloram coberturas indiferenciadas (Qphi), desenvolvidas sobre a Formação Paraopeba.

Outras ocorrências encontram-se no setor oriental em direção a porção meridional da folha.

Os depósitos recentes se destacam por constituírem invariavelmente planícies aluviais de inundação, bordejando os principais cursos d'água e morfologicamente arrasadas.

A vegetação é característica, constituída por tipos hidrófilos.

As aluviões são formadas por uma sedimentação detrítica areno-argilosa, transportada pelos rios, e depositada ao longo de suas planícies de inundação.

Num aspecto geral, compõem-se de sedimentos predominantemente quartzosos, de granulometria variando entre grossa e fina, sendo que nas áreas mais afastadas do ca

nal predominam sedimentos siltico-argilosos.

A contribuição de matéria orgânica varia localmente.

5.4 Tectônica

A área de ocorrência da Associação Barbacena/Paraíba do Sul na porção centro-leste da folha apresenta um notável sistema de fraturamento com direções preferenciais NW-SE e NE-SW, muito bem evidenciado em fotografia aérea, que proporciona o controle dos cursos d'água que drenam a região. Na zona centro sul o fraturamento é discreto sendo mascarado pelo espesso manto de intemperismo aí corrente.

No extremo SW e grande parte da porção meridional da área os alinhamentos estruturais apresentam direções preferenciais semelhantes às anteriores, coincidentes com as direções de diques de rochas básicas que cortam as rochas dessa associação.

Na parte ocidental, a feição estrutural marcante é a xistosidade, normalmente bem evidenciada, orientando-se segundo NNW, com mergulhos acentuados para NE. Os corpos gnáissicos apresentam-se com estrutura cataclástica coincidente com a foliação dos micaxistos.

Os lineamentos estruturais apresentados nas litologias do Super Grupo Rio das Velhas mostram direção preferencial NW-SE; no entanto, o principal sistema de falhas que afetam as rochas do Grupo Nova Lima apresenta direção NW-SE, sendo que a clivagem tem direção NE-SW e mergulhos com valores médios para SE. Em geral as rochas do Super Grupo Rio das Velhas apresentam estilos de dobramento complicados, com antifomes e sinformes apertadas reviradas com eixos nas direções NE-SW e E-W.

Tectonicamente muito afetadas, as rochas do Super Grupo Minas apresentam estilos de dobramentos complexos, com eixos nas direções NE-SW e E-W na parte sudeste da área, e NE-SW e N-S na região sudoeste onde evidenciam-se falhas de empurrão com direção NE-SW e E-W.

O Super Grupo Espinhaço apresenta os eixos dos dobramentos regionais com direção norte-sul, sofrendo inflexões para SSE-NNW na região meridional da serra do Espinhaço, porém retornando à direção geral na parte norte da mesma, alcançando às vezes direção SSW-NNE.

Lineações são encontradas nas zonas das charneiras, fornecendo os eixos das dobras, sendo mais frequentes nas rochas filíticas.

As direções de falhamentos são predominantemente longitudinais e transversais ao eixo estrutural principal.

No extremo sul da serra do Espinhaço predominam as falhas transcorrentes com direção aproximada E-W, culminando em um falhamento inverso na região de contato com as rochas do Super Grupo Minas.

Diagonalmente ao eixo de dobramento desenvolveu-se um intenso diaclasamento, formando um mosaico triangular, cujas principais direções são $N 70^{\circ} W$, $N 20^{\circ} W$ e $N 60^{\circ} E$.

As rochas da Formação Macaúbas ocorrem de maneira muito restrita em certos locais do bordo setentrional, apresentando-se muito fraturadas com características estruturais semelhantes às do Super Grupo Espinhaço.

O conjunto Paraopeba-Três Marias caracteriza-se principalmente por apresentar faixas que refletem diferentes graus de tectonismo, onde áreas intensamente dobradas alternam-se com outras praticamente horizontalizadas.

Na área em estudo a Formação Paraopeba apresenta-se intensamente tectonizada, com o desenvolvimento de

dobras apertadas e invertidas, do tipo similar, provocando o aparecimento de clivagem ardosiana nos pacotes argilosos e fraturas de clivagem nas rochas menos competentes.

Nas proximidades da serra do Espinhaço, as dobras similares passam a dobras de fluxo (flow fold). A clivagem é bem desenvolvida com direção geral NNE-SSW e mergulho SE, caracterizando uma vergência para oeste destes dobramentos. A direção geral das camadas é NNE-SSW, com mergulhos variáveis para NW e SE, sendo a relação clivagem/ acamamento quase sempre observada.

6. HIDROGEOLOGIA

6.1 Generalidades

Dos estudos hidrogeológicos existentes sobre a área em questão, o mais importante e recente, a nível regional, é o "Estudo Global de Viabilidade Técnica, Econômica e Financeira do Plano Estadual de Águas (PEAG - MG)" realizado pela SERETE S.A. Engenharia (1974) para a Companhia Mineira de Águas e Esgotos - COMAG (atual COPASA). Estudos mais antigos foram efetuados por Carvalho Lopes em Curvelo (1942); Caeté (1951) e outras, através da Escola de Sondadores por ele criada.

Devido à complexidade litológica e estrutural, a área apresenta um comportamento hidrogeológico muito complexo. Para efeito descritivo, as ocorrências de água subterrânea foram agrupadas, segundo os tipos de rochas e estruturas abertas nas três seguintes categorias de aquíferos:

Aquíferos em rochas fraturadas

Aquíferos em rochas cársticas

Aquíferos em rochas granulares

Os primeiros, cuja capacidade de armazenamento e circulação da água está intimamente relacionada à existência de juntas e fraturas abertas bem como à interligação das mesmas, abrangem as rochas cristalinas e cristalofílicas da Associação Barbacena/Paraíba do Sul, dos Super Grupos Rio das Velhas, Minas e Espinhaço e rochas pelíticas do Grupo Bambuí, que ocupam 89,3% da área total.

As rochas cársticas compreendem as rochas carbonáticas do Grupo Bambuí, que afloram em áreas dispersas com as duas principais ocorrências nas regiões de Monjolos e

Sete Lagoas - Lagoa Santa. Ocupam cerca de 2,3% da área total.

Os aquíferos por porosidade granular correspondem às coberturas indiferenciadas e sedimentos recentes, ocupando 8,4% da área.

Foram catalogados 1.211 pontos d'água, dos quais 938 (77,5%) são poços tubulares, 227 (18,7%) poços escavados e 46 (3,8%) nascentes, estando os dados correspondentes indicados no catálogo geral de pontos d'água (Anexo III). A densidade média é na razão de um ponto d'água para cada 95 km² (é necessário frisar que nos cálculos não foram incluídos os 476 poços tubulares catalogados na cidade de Belo Horizonte, com os quais se teria uma densidade de um ponto para 58 km²). As maiores concentrações de poços tubulares ocorrem nas sedes municipais, sendo que de 938 poços, cerca de 730 estão localizados em cidades e os restantes em povoados e fazendas. Por unidade geológica a maior concentração de poços profundos está no Embasamento Cristalino com 69,1% do total, seguindo-se o Grupo Bambuí com 30,9% (11,1% nas zonas cársticas). Quanto aos poços manuais, para um total de 227, cerca de 43,6% estão no Embasamento Cristalino, 28,6% no Grupo Bambuí, 18,9% no manto de intemperismo, 8,0% nas coberturas indiferenciadas e menos de 1,0% nas aluviões; as nascentes, em número de 46, estão concentradas no Embasamento Cristalino com 84,8%, vindo a seguir o manto de intemperismo com 6,5%, o Grupo Bambuí com 4,3% e as coberturas indiferenciadas e aluviões com 2,2% cada. Foram nivelados 138 pontos, sendo 76 poços tubulares e 62 poços manuais.

6.2 Relação entre Geologia e Água Subterrânea

O relacionamento geologia/água subterrânea de .49.

pende de uma série de fatores que individualizam cada unida de geológica como provável fornecedora de água. Estes fato res seriam o meio físico, o modo de ocorrência, a forma dos depósitos, as condições de circulação da água e os parâme tros hidráulicos.

Na área em estudo podem ser distintos três ti pos de aquíferos:

Aquíferos por fissuração ou fraturados

Aquíferos cársticos

Aquíferos por porosidade granular

Nos aquíferos por fissuração ou fraturados as rochas são maciças, praticamente impermeáveis e não porosas. O acúmulo de água se dá ao longo das fraturas e diáclases. Correspondem, na área, às rochas da Associação Barbacena/Pa raíba do Sul, aos Super Grupos Rio das Velhas, Minas, Espi nhaço, às rochas intrusivas e às rochas pelíticas do Grupo Bambuí.

Os aquíferos cársticos, aqui representados pe las rochas carbonáticas do Grupo Bambuí, apresentam uma ocor rência de água subterrânea relacionada a fraturas e ao desen volvimento de cavidade de dissolução (formas cársticas).

Quanto aos aquíferos por porosidade granular, o armazenamento de água subterrânea se faz através dos poros ou interstícios da rocha. Estes aquíferos estão representa dos pelos depósitos de coberturas terciário-quadernárias e depósitos aluviais recentes.

6.3 Água Subterrânea em Rochas Fissuradas

De um modo geral, as rochas cristalinas e crista

lofilianas são compactas e resistentes e apresentam uma permeabilidade primária praticamente nula o que dificulta a infiltração e o escoamento das águas subterrâneas.

O meio aquífero das rochas fraturadas é bastante fraco no que se refere a armazenamento e produção de água, e depende da existência de juntas, fraturas e da extensão e litologia do manto de intemperismo sobrejacente.

A formação dos sistemas de fraturas nas áreas cristalinas se deu durante a evolução tectônica.

Os sistemas de fraturas longitudinais, resultantes dos esforços de compressão, foram posteriormente interconectados por fraturas paralelas e angulares transversais à direção dos estratos e resultantes de esforços de tensão. As fraturas do segundo tipo, particularmente bastante abertas, dão origem a razoáveis depósitos de água subterrânea. No conjunto essas fraturas formam uma verdadeira rede ou trama de fissuras interligadas onde se processa o armazenamento da água subterrânea. No entanto, acredita-se que a comunicação hidráulica entre as fendas ocorra apenas na parte superior do aquífero, pelo fato de que estas tendem a se fechar com a profundidade, como decorrência da pressão litostática. Leal (1969) estudando estatisticamente as entradas d'água em poços da região de Juazeiro-Curaçá (BA), comprovou esse fato e, segundo ele, as possibilidades de se encontrar água em terrenos cristalinos tornam-se escassas quando a perfuração ultrapassa os 40 metros de profundidade.

6.3.1 Rochas Cristalinas e Cristalofilianas

Os terrenos cristalinos e cristalofilianos abrangem uma área de 48.446 km² (69,5% da área total) e são

constituídos por gnaisses, migmatitos, xistos, quartzitos, e charnockitos da Associação Barbacena/Paraíba do Sul; quartzitos, conglomerados, filitos, micaxistos, grauvacas e anfibolitos do Super Grupo Rio das Velhas; quartzitos, filitos, ort quartzitos, itabiritos e conglomerados do Super Grupo Minas; metavulcânicas do Super Grupo Espinhaço, além das rochas intrusivas.

Na área abrangida por essas rochas foram cadastrados e catalogados cerca de 648 poço tubulares e 99 poços escavados; os valores máximos, mínimos e médios das principais características dos poços tubulares são mostrados no quadro 6.1 abaixo.

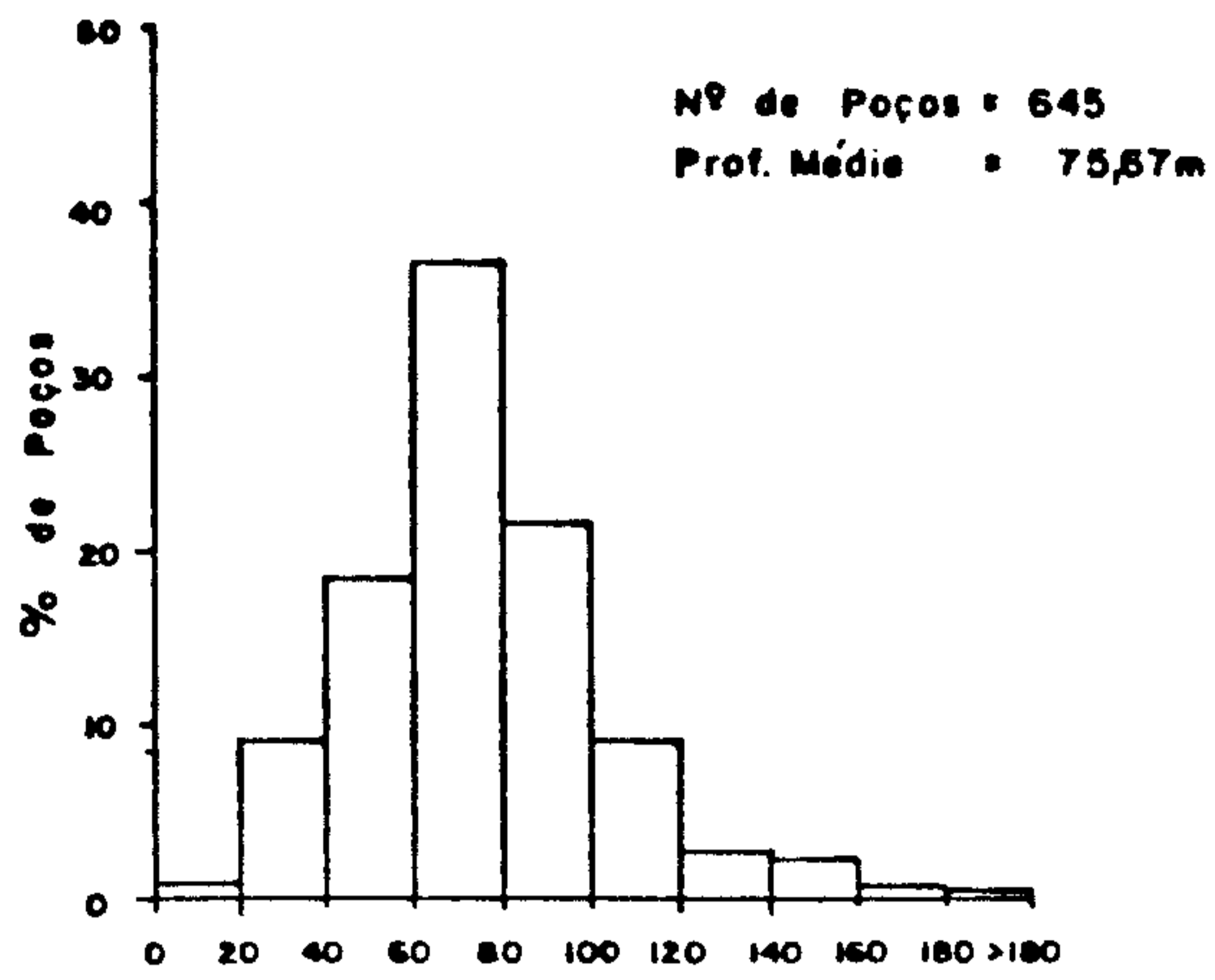
PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS TUBULARES

	UNIDADE	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÉDIO
PROFUNDIDADE	m	202,00	5,97	75,67
NÍVEL ESTÁTICO	m	59,00	0,00	8,13
NÍVEL DINÂMICO	m	100,00	1,00	39,55
VAZÃO	m ³ /h	396,00	0,22	16,39
REBAIXAMENTO	m	83,36	0,37	31,46
VAZÃO ESPECÍFICA	m ³ /h/m	648,57	0,01	5,28

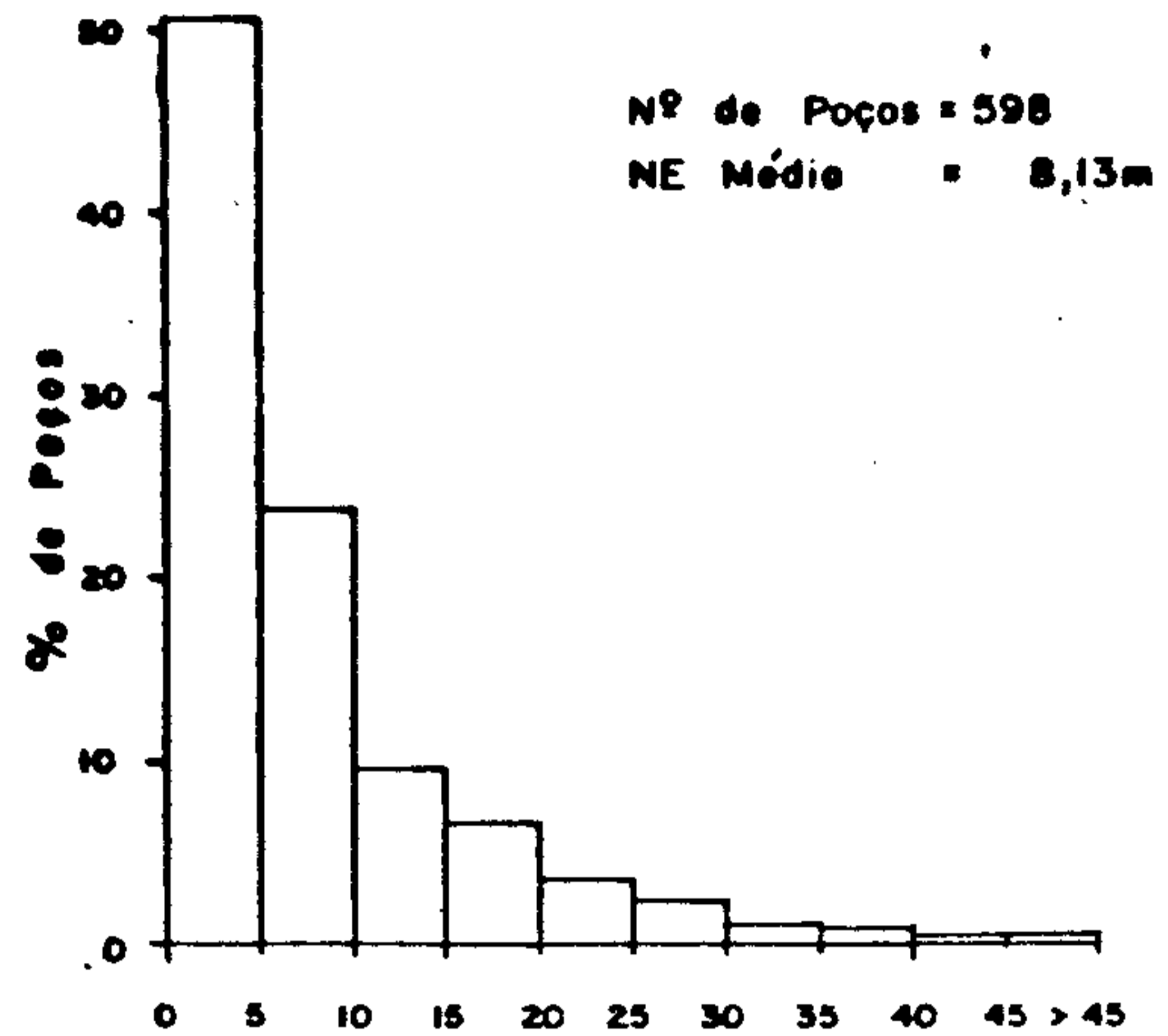
QUADRO 6.1

Na figura 6.1 estão indicados os histogramas de distribuição percentual das profundidades, dos níveis estáticos, dos níveis dinâmicos, das entradas d'água, das vazões e das vazões específicas dos poços. Na figura 6.1-A onde estão representados os percentuais das profundidades, nota-se que as maiores concentrações de valores estão situa

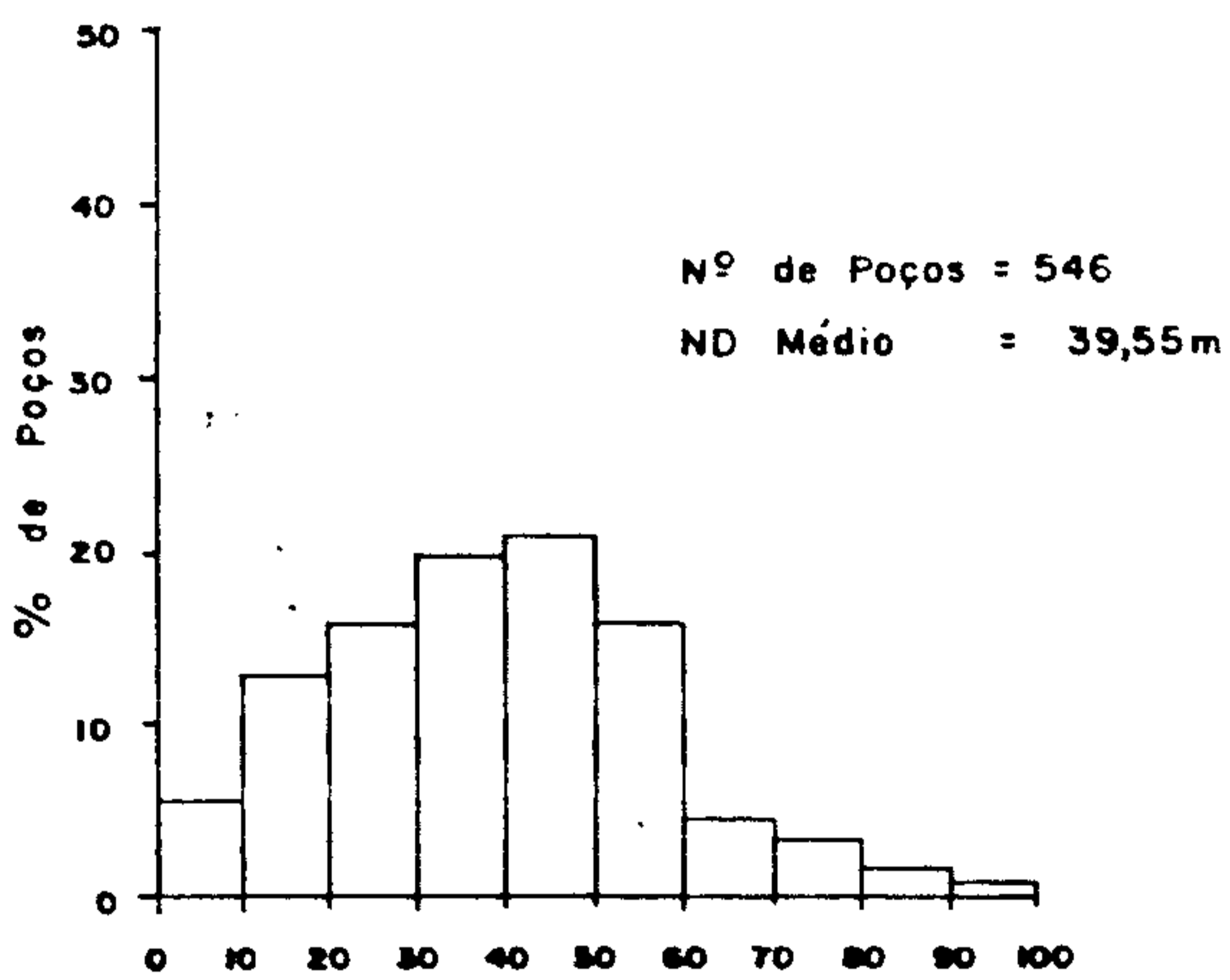
CARACTERÍSTICAS DE POÇOS PERFORADOS NO
CRISTALINO



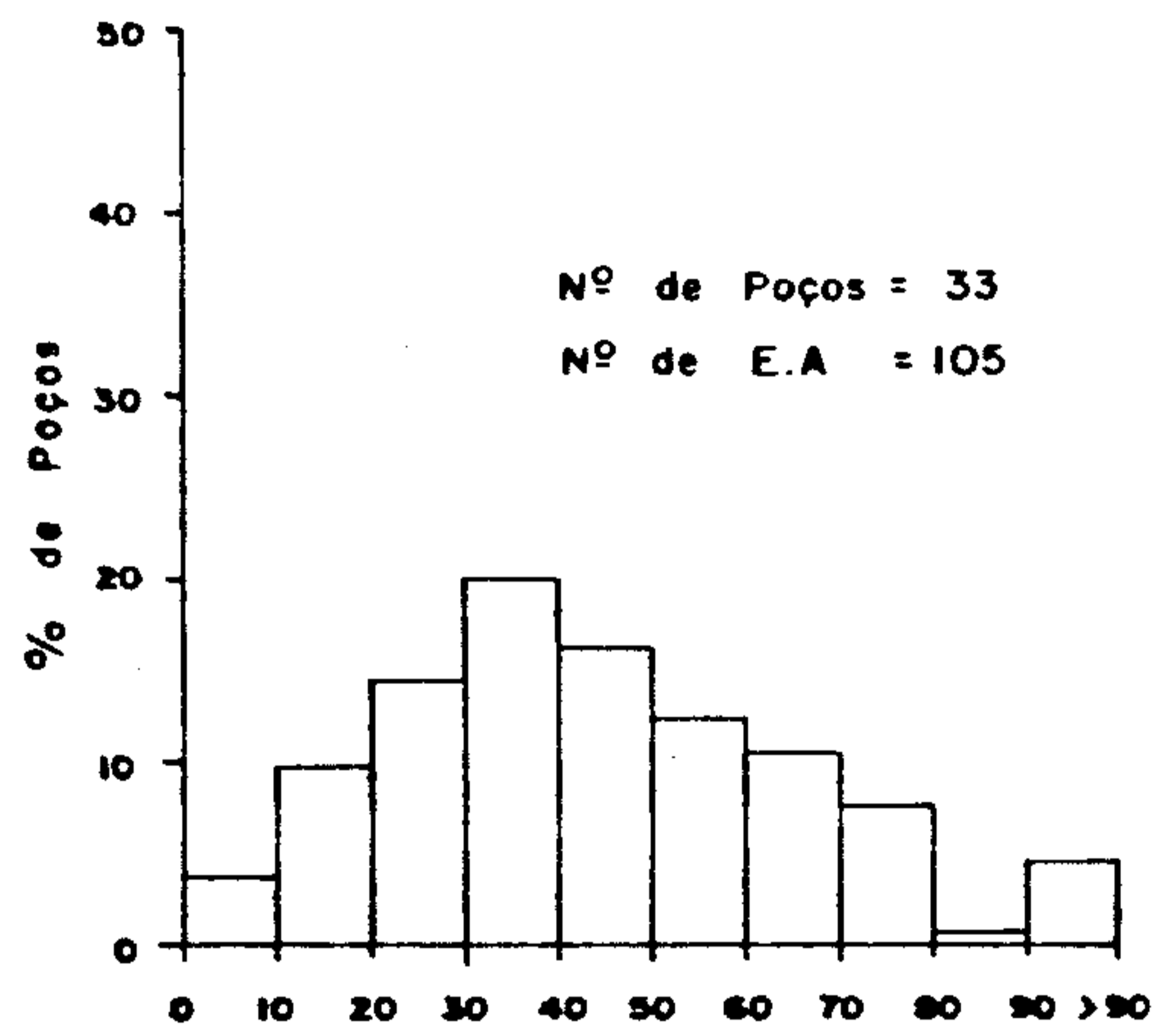
A - Profundidade (m)



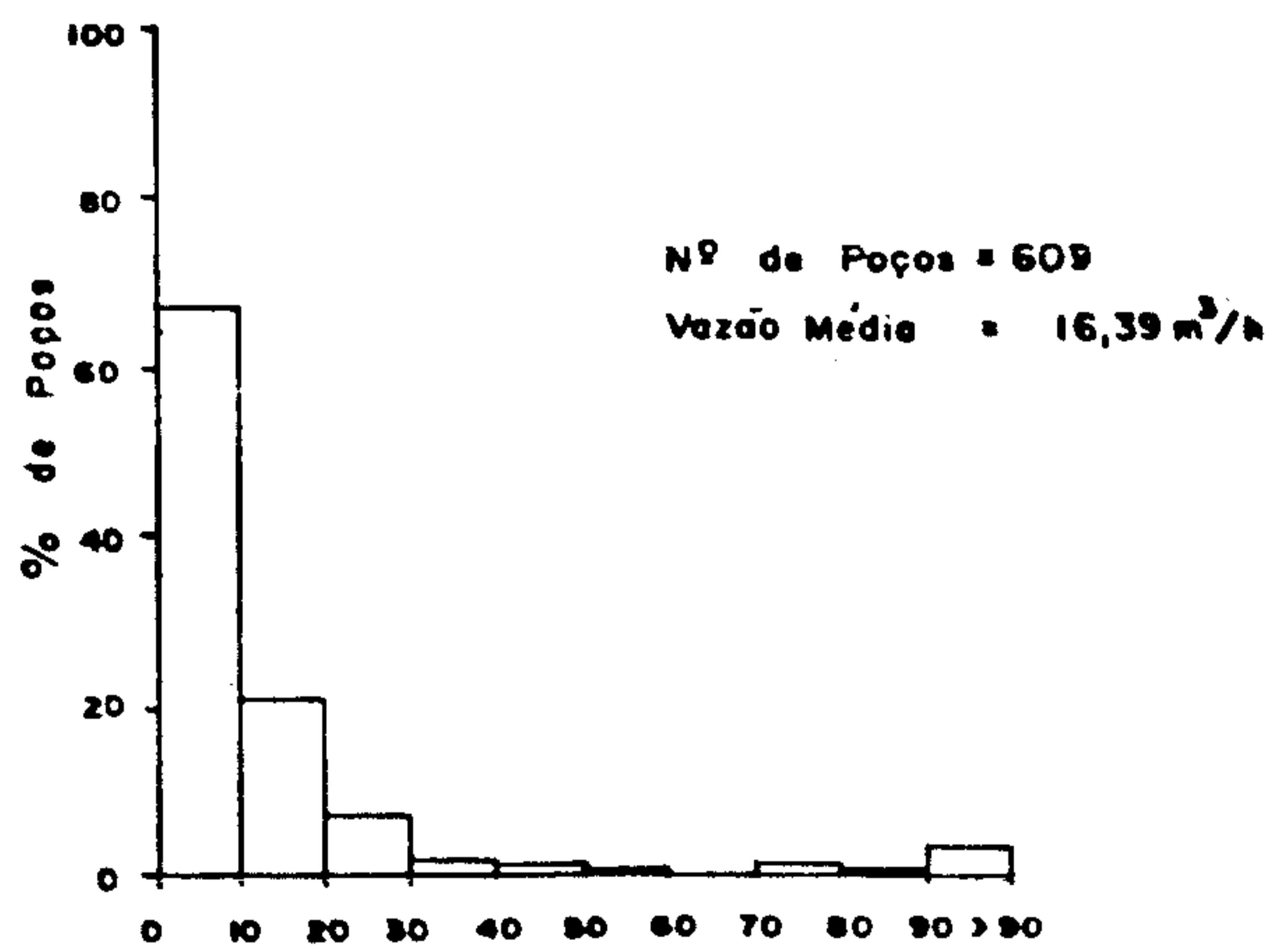
B - Nível estático (m)



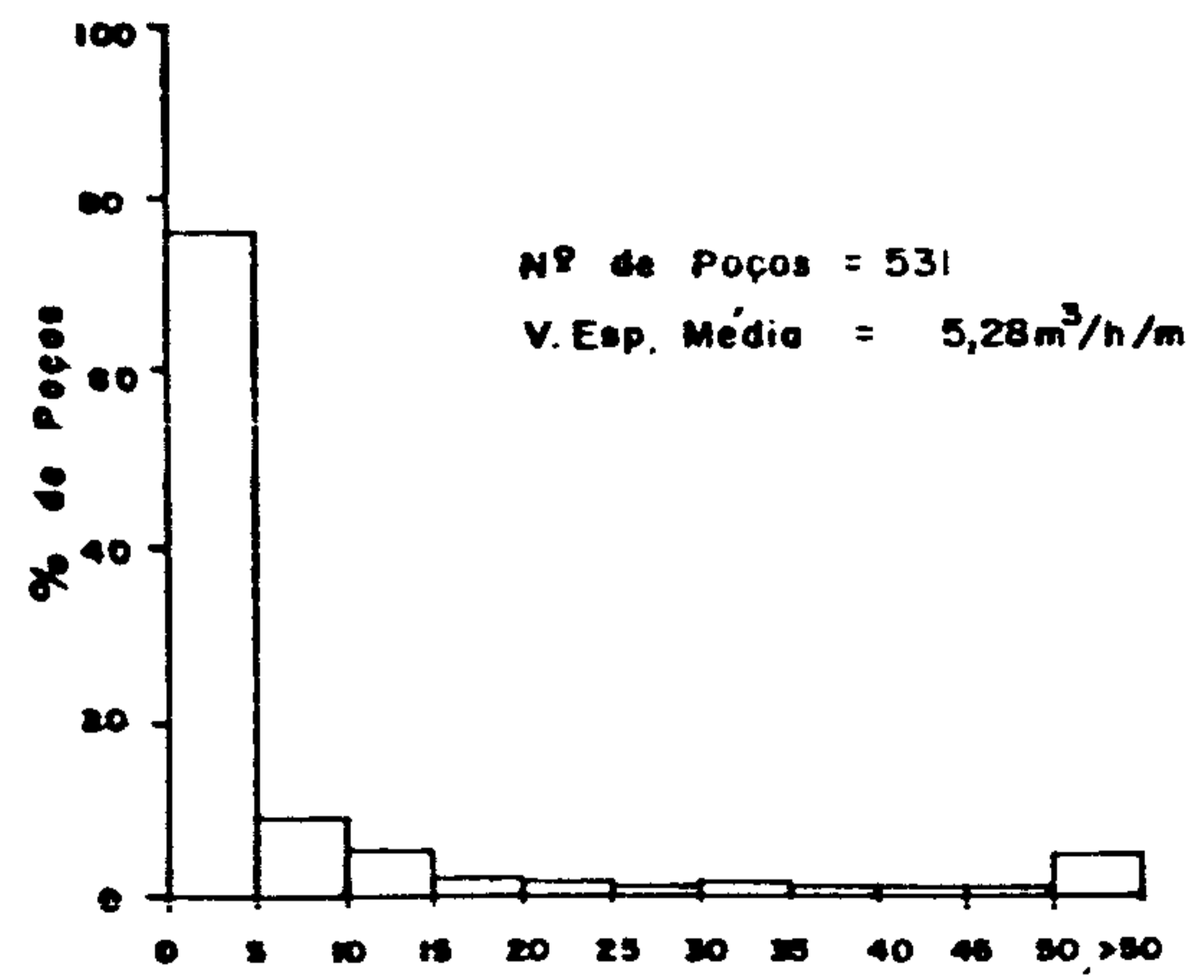
C - Nível dinâmico (m)



D - Entradas d'água



E - Vazão (m³/h)



F - Vazão específica (m³/h/m)

Fig. 6.1

das nos intervalos de 40 a 60, 60 a 80 e 80 a 100 metros com 18,3%, 36,4% e 21,4%, respectivamente, ocorrendo os demais intervalos com percentuais abaixo de 10%; cerca de 86% dos valores não ultrapassam 120 metros. Na figura 6.1-B onde estão indicados os percentuais dos níveis estáticos, cerca de 84% dos valores são inferiores a 15 metros, sendo que no intervalo de 0 a 5 metros se concentram 50,7%, de 5 a 10 metros 23,9% e de 10 a 15 metros 9,7%; nos demais intervalos os percentuais não ultrapassam 10%. Na figura 6.1-C onde são mostrados os percentuais dos níveis dinâmicos, 90,3% dos valores não ultrapassam os 60 metros, sendo que concentrações maiores de 10% correspondem aos intervalos 10 a 20, 20 a 30, 30 a 40, 40 a 50 e 50 a 60 metros. Nos intervalos acima de 60 metros os percentuais não ultrapassam 5%. Na figura 6.1-D onde estão indicados os percentuais das entradas d'água, nota-se que 86,7% desses valores não ultrapassam os 70 metros de profundidade e concentrações acima de 15% estão situadas nos intervalos de 30 a 40 e 40 a 50 metros; nos demais intervalos acima de 70 metros, os percentuais não atingem os 8%. Para as vazões indicadas na figura 6.1-E, 93,6% dos valores são inferiores a $30 \text{ m}^3/\text{h}$, e a maior concentração (86,9%) está situada no intervalo de 0 a $20 \text{ m}^3/\text{h}$; nos demais intervalos os percentuais estão abaixo de 10%. Na figura 6.1-F onde estão indicados os percentuais das vazões específicas, nota-se que 90,2% desses valores não vão além de $1,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, sendo que a maior concentração se verifica no intervalo de 0 a $0,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ com 76,1% e nos demais intervalos os percentuais não ultrapassam 5%.

6.3.1.1 Condições de Alimentação

Na recarga do sistema aquífero dos terrenos

cristalinos, o principal agente regenerador das reservas de água subterrânea é o sistema hidrográfico superficial que atuando nas zonas de coincidência fratura-drenagem, pode as segurar uma constante realimentação através das aluviões, du rante os períodos de maior pluviosidade. Estudos realizados por Cruz (1967), na região de Paulistana-PI, demonstraram a íntima conexão existente entre o meio fraturado e as alu viões. Pela observação de alguns poços, verificou-se uma es treita relação entre a variação dos seus níveis d'água e a variação da superfície livre das águas das aluviões, ambas acompanhando as variações pluviométricas pondo em evidência a conexão existente entre o meio fraturado e o manto aluvial, apontando um processo efetivo de recarga através de riachos.

Na área a alimentação é facilitada pela visi vel dependência da rede hidrográfica ao fraturamento, pela existência de um expressivo manto de intemperismo que pode atingir localmente uma espessura de 30 metros e pela boa pluviosidade da região.

Os leitos dos rios, com suas aluviões areno sas, representam o meio de recarga mais efetivo e duradouro, especialmente nas faixas de coincidência fratura-drenagem.

O manto de intemperismo, apesar de sua litolo gia predominantemente argilo-arenosa, retém uma regular par cela das águas das chuvas funcionando como elemento interme diário na transmissão de água às fissuras subjacentes.

Considerando-se uma pluviometria média anual de 1.442,8 mm e uma área de 48.446 km² o volume de água pre cipitado anualmente sobre esses terrenos é da ordem de 69,9 bilhões de metros cúbicos. Não foi possível determinar a contribuição efetiva ou seja a taxa de infiltração. Sabe-se,

todavia, que ela é muito irregular, variando em função das mudanças topográficas, das características dimensionais e hidrodinâmicas das fendas, do manto de intemperismo e das aluviões, e da intensidade e distribuição das chuvas.

6.3.1.2 Escoamento

As rochas fissuradas podem dar origem a dois tipos de reservatórios: um originado do fraturamento superficial e o outro resultante das fraturas que ocorrem em profundidade. As fraturas mais próximas da superfície dão origem a um sistema denso que, na maioria das vezes, está em conexão direta com o manto de intemperismo, apresenta condições de aquífero livre, sendo a topografia o principal fator de controle da circulação. O fraturamento profundo, com fraturas mais individualizadas constituindo uma trama rarefeita, pode oferecer condições de confinamento, onde a circulação é controlada pelas paredes das fraturas.

Analisando o histograma de entradas d'água dos poços perfurados no cristalino (fig. 6.1-D), observa-se que a maioria dessas entradas d'água estão situadas em profundidades inferiores a 70 metros. Por outro lado, a maioria dos poços com dados disponíveis apresentam uma entrada d'água correspondendo ao nível das aluviões e manto de intemperismo. O nível estático (fig. 6.1-B) é, em média, de 8,13 metros, sendo que para duas ou mais entradas d'água a profundidades menores de 40 metros os níveis se confundem, enquanto que entradas a maiores profundidades acarretam geralmente uma ascensão do nível correspondente às entradas mais rasas, inclusive com a ocorrência, na área, de poços jorrantes (n^{os} 798, 816, 1.058, 1.065, etc). Estes fatos indicam, por um lado uma conexão hidráulica entre o manto de intemperismo e

aluviões com o sistema de fissuras superficial, do que resultam aquíferos livres; e por outro, a existência em profundidade de uma circulação em situação de confinamento, embora incipiente. Todavia, as condições de artesianismo podem ser atribuídas em muitos locais, a uma combinação favorável da estrutura geológica com a topografia.

6.3.1.3 Exutórios

No âmbito de ocorrência das rochas fraturadas, os principais exutórios que atuam nos depósitos de água subterrânea são:

- a) Rios
- b) Nascentes
- c) Evapotranspiração

Na área de estudo a drenagem superficial é bastante densa e perene, sendo representada pelos rios Doce, Piracicaba, Jequitinhonha e seus principais afluentes. É de se supor que uma boa parcela das chuvas que caem na região, após escoarem através do solo, vão alimentar esses cursos d'água, ficando retida nos terrenos apenas uma pequena fração da água que se infiltra.

As nascentes, outro fator responsável pela descarga natural dos aquíferos, ocorrem com bastante frequência na área de estudo principalmente no contato do manto de intemperismo com as rochas do embasamento cristalino. Foram catalogadas, aleatoriamente e apenas a título de avaliação e comparação de vazões cerca de 39 nascentes que apresentaram vazões variando de 0,13 l/s a 0,81 l/s.

Nos flancos da serra do Espinhaço foram observadas inúmeras nascentes, bem como nas regiões de relevo mais

acidentado e topografia irregular. A contribuição dessas nascentes na descarga natural dos aquíferos é razoável.

Outro exutório importante é a evapotranspiração na área de recarga, que no caso em questão é da ordem de 1.194,8 mm/ano, equivalente a 81,3% da precipitação média sobre a área.

6.3.1.4 Capacidade de Produção dos Poços

As vazões, de 609 poços tubulares perfurados no cristalino, apresentadas no catálogo geral de pontos d'água (Anexo III) foram, para efeito de uma avaliação estatística mais próxima da realidade, reunidas em dois grupos: um onde as vazões não ultrapassam 100 m³/h e compreendem 590 valores; e outro cujas vazões estão acima de 100 m³/h e compreendem 19 valores.

No primeiro grupo o valor mínimo é de 0,22 m³/h (poço BHSE-0516) e o máximo é de 98,00 m³/h (poço BHSE-0441), ambos perfurados no Complexo Gnáissico-Migmatítico da Associação Barbacena/Paraíba do Sul. A média é de 9,68 m³/h. As vazões específicas para esse conjunto de valores apresentam um mínimo de 0,01 m³/h/m (poço BHSE-0516 e outros) e um máximo de 13,80 m³/h/m (poço BHSE-0832). A média é de 0,52 m³/h/m.

No segundo grupo, o valor mínimo é de 164,00 m³/h (poço BHSE-0818) e o máximo de 396,00 m³/h (poço BHSE-1187). A média é de 224,74 m³/h. As vazões específicas apresentam um valor mínimo de 7,70 m³/h/m (poço BHSE-0632) e um valor máximo de 648,57 m³/h/m (poço BHSE-0827). A média é de 133,67 m³/h/m.

A necessidade de separar os valores das vazões

em dois grupos se baseou no fato de que os valores apresentados pelos poços reunidos no segundo grupo são valores totalmente anômalos para terrenos cristalinos, e na realidade, esses poços embora penetrando no cristalino, foram perfurados bastante próximos do rio Piracicaba e captam água das aluviões que parecem estar em conexão hidráulica com o mesmo.

É necessário frisar que os valores médios de vazão e vazão específica indicados no quadro 6.1 e nas figuras 6.1-E e 6.1-F, respectivamente, foram determinados sem levar em conta a explicação dada acima.

6.3.2 Grupo Bambuí

Os metassedimentos do Grupo Bambuí (exceto as rochas carbonáticas da Formação Paraopeba que serão abordadas no item 6.4 - Água Subterrânea em Zonas Cársticas), que na área de estudo abrangem cerca de 13.800 km² (19,8% da área total da folha), são representados por arenitos, argilitos, ardósias, margas, conglomerados, quartzitos, diamictitos e ritmitos. No quadro 6.2 estão indicados os valores máximos, mínimos e médios de algumas das principais características dos poços tubulares, sendo que na área de ocorrência dessas rochas foram cadastrados cerca de 186 poços tubulares e 65 poços escavados.

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS TUBULARES

	UNIDADE	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÉDIO
PROFUNDIDADE	m	170,00	12,00	82,67
NÍVEL ESTÁTICO	m	60,00	0,00	12,69
NÍVEL DINÂMICO	m	89,00	2,00	34,67
VAZÃO	m ³ /h.	360,00	1,00	16,30
REBAIXAMENTO	m	64,00	1,00	21,38
VAZÃO ESPECÍFICA	m ³ /h/m	104,00	0,03	4,01

QUADRO 6.2

A figura 6.2 apresenta os histogramas de distribuição percentual das profundidades, dos níveis estáticos, dos níveis dinâmicos, das entradas d'água, das vazões e das vazões específicas dos poços. Para as profundidades (fig. 6.2-A) observa-se que 91,3% não ultrapassam 120 metros e os valores estão concentrados nos intervalos de 60 a 80 e de 80 a 100 metros com 28,9% e 27,2%, respectivamente, sendo que nos demais intervalos os percentuais atingem no máximo 15%. Dos valores do nível estático indicados na figura 6.2-B, 90,7% são inferiores a 30 metros e concentrações de valores acima de 10% são observadas nos intervalos de 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 15 metros com 36,9%, 17,6% e 14,3% respectivamente, sendo que nos demais intervalos os percentuais são inferiores a 10%. Pela figura 6.2-C verifica-se que 96,9% dos valores dos níveis dinâmicos não ultrapassam 70 metros e as maiores concentrações ocorrem nos intervalos de 10 a 20, 20 a 30 e 30 a 40 metros com 16,3%, 27,5% e 14,3%, respectivamente; nos demais intervalos os percentuais são inferiores a 15%. No que se refere às entradas d'água (fig. 6.2-D), 85,1% não ultrapassam 75 metros, ocorrendo valores superiores a 10% nos intervalos de 0 a 15, 15 a 30, 30 a 45, 45 a 60 e 60 a 75 metros, com 10,64%, 15,9%, 14,9%, 24,5% e 19,2%, respectivamente; nos intervalos restantes os percentuais não ultrapassam 7%. Os valores de vazão apresentados na figura 6.2-E indicam que 84,9% são inferiores a $20 \text{ m}^3/\text{h}$ e as maiores concentrações de valores ocorrem nos intervalos de 0 a 5, 5 a 10 e 10 a $15 \text{ m}^3/\text{h}$ com 24,2%, 26,1% e 26,8%, respectivamente; nos demais intervalos os percentuais não ultrapassam 10%. Na figura 6.2-F onde estão indicados os valores de vazão específica observa-se que cerca de 80% dos valores não ultrapassam $2,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, sendo que nos intervalos 0 a 0,5, 0,5 a 1,0 e 1,0 a $1,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ ocorrem as maiores concentrações.

**CARACTERÍSTICAS DE POÇOS PERFORADOS NO GRUPO
BAMBUÍ**

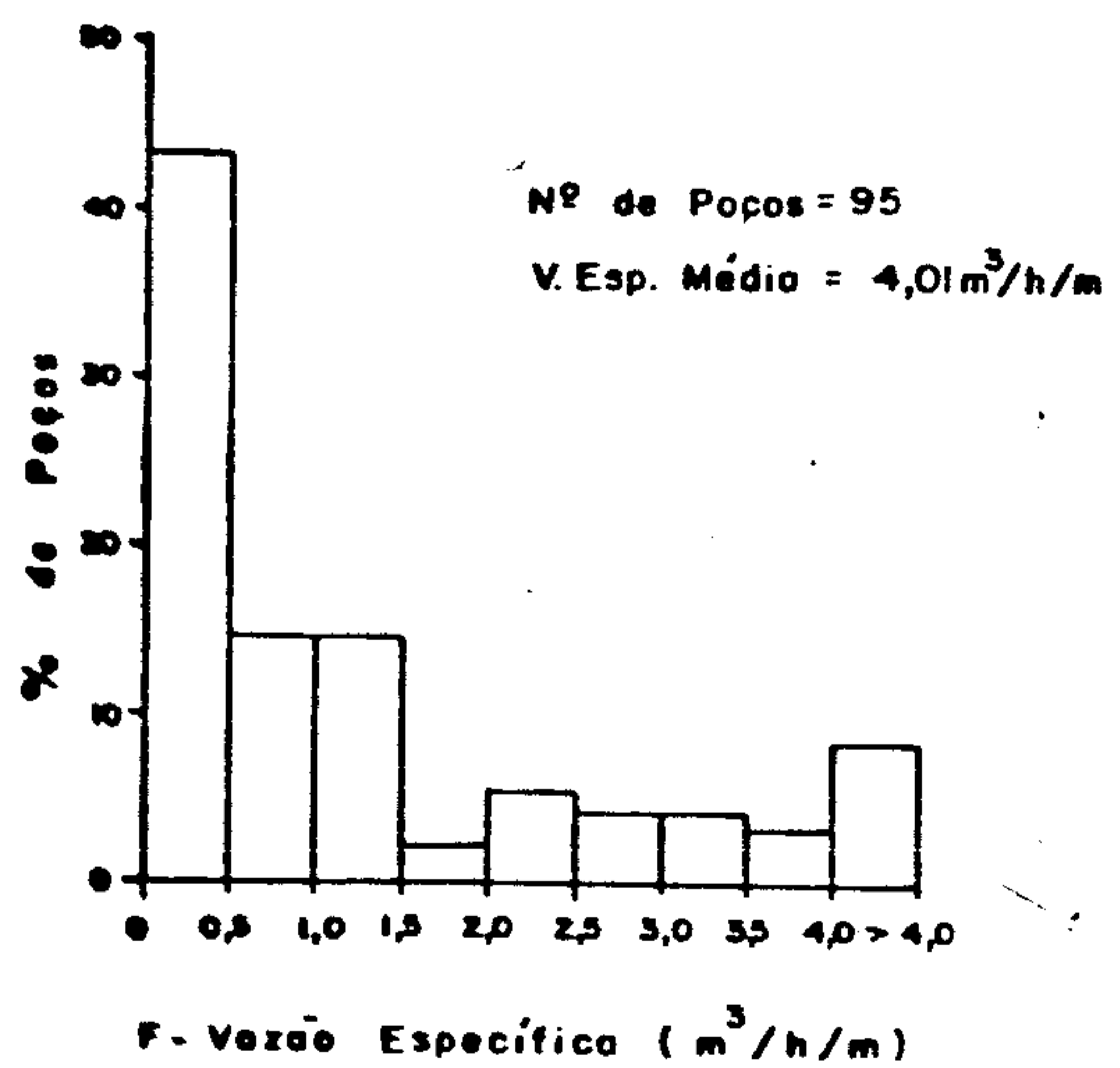
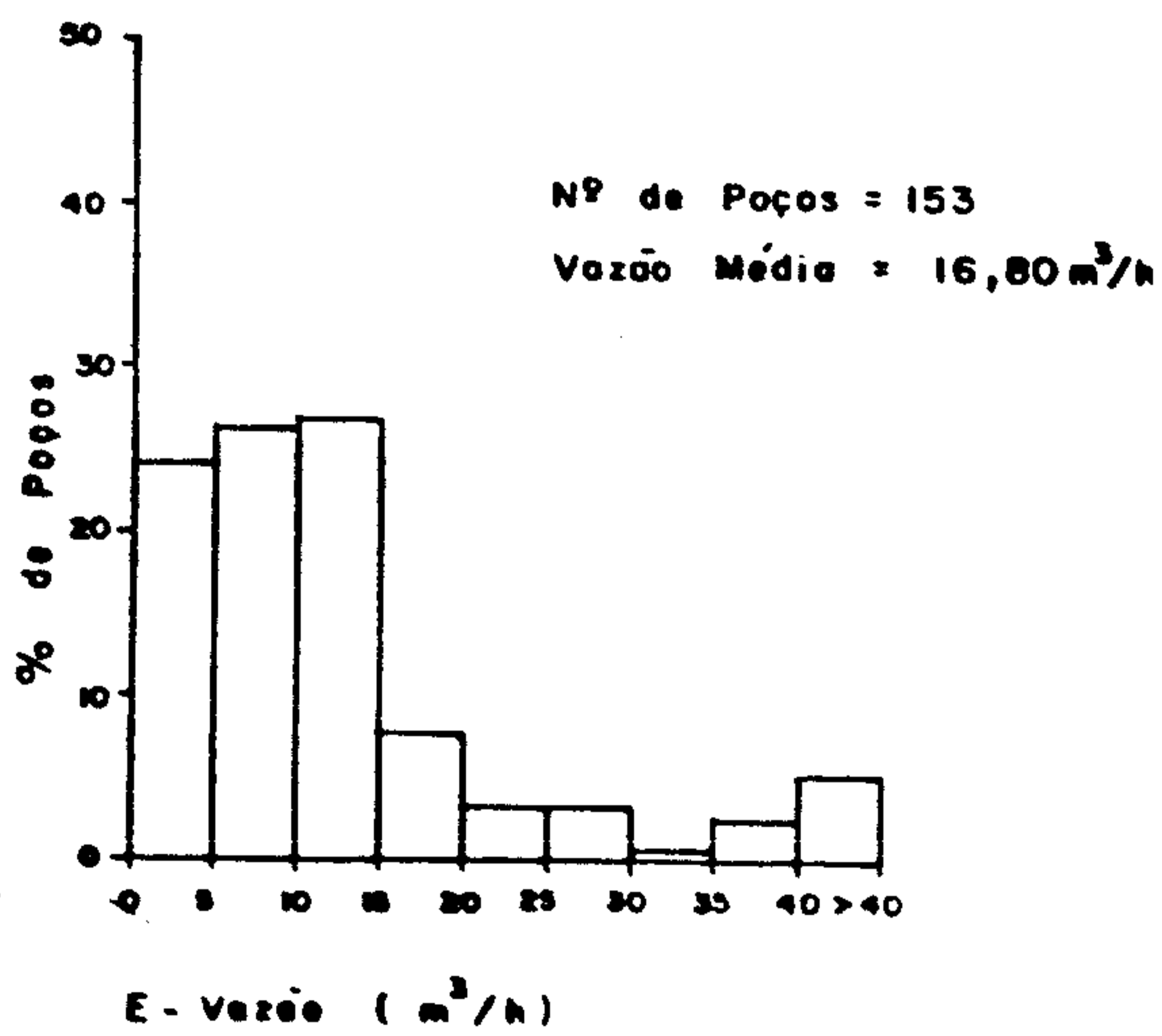
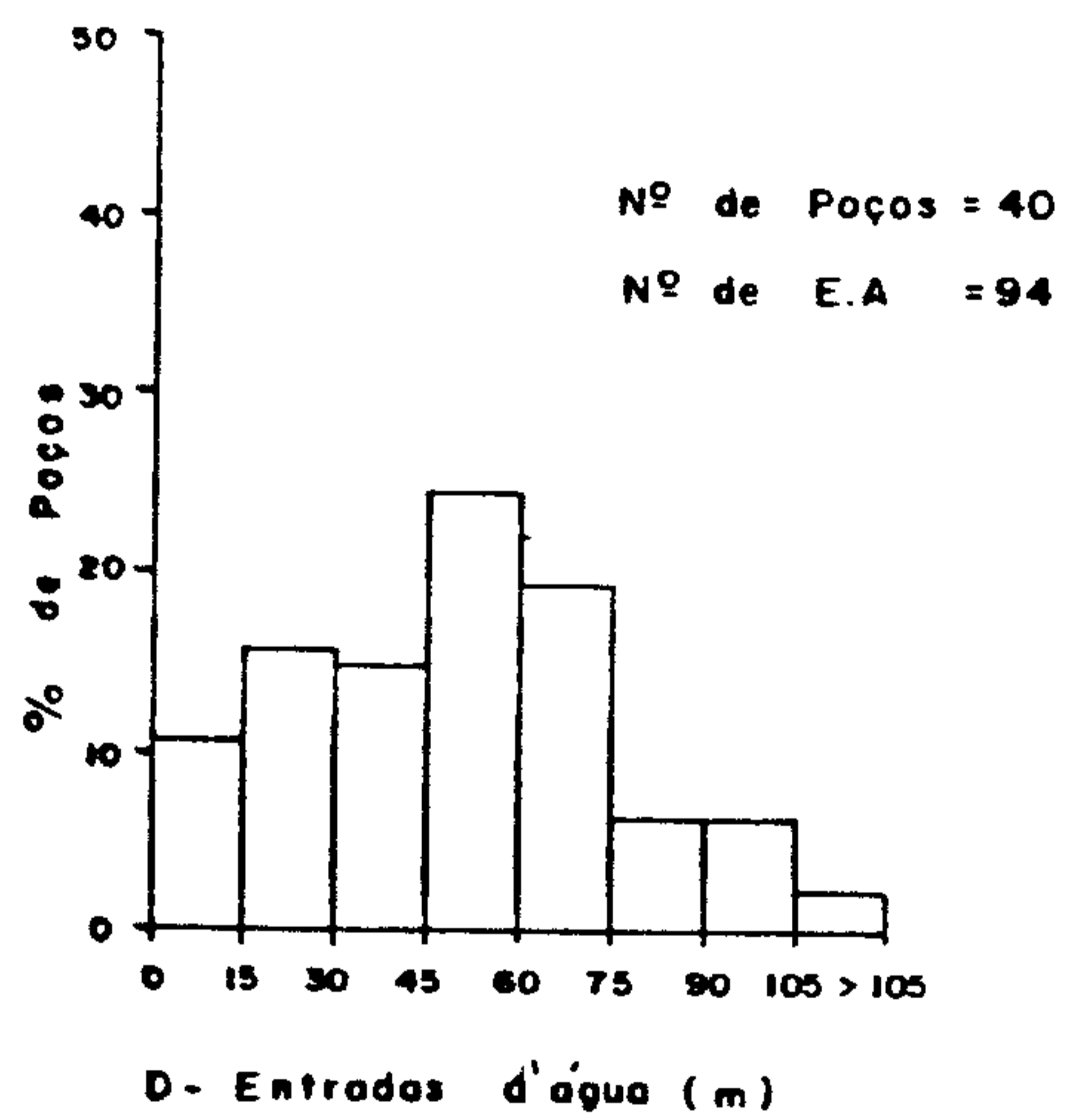
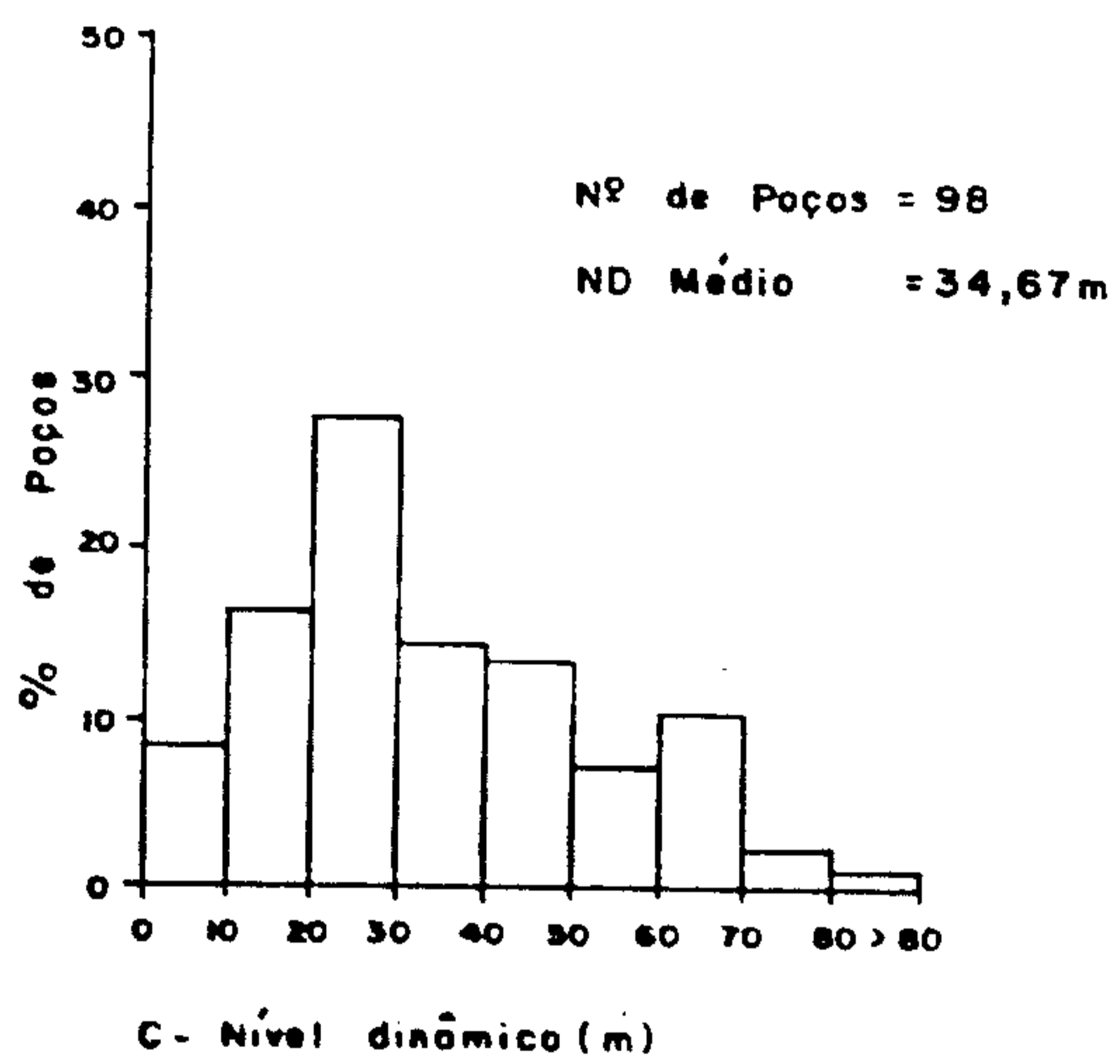
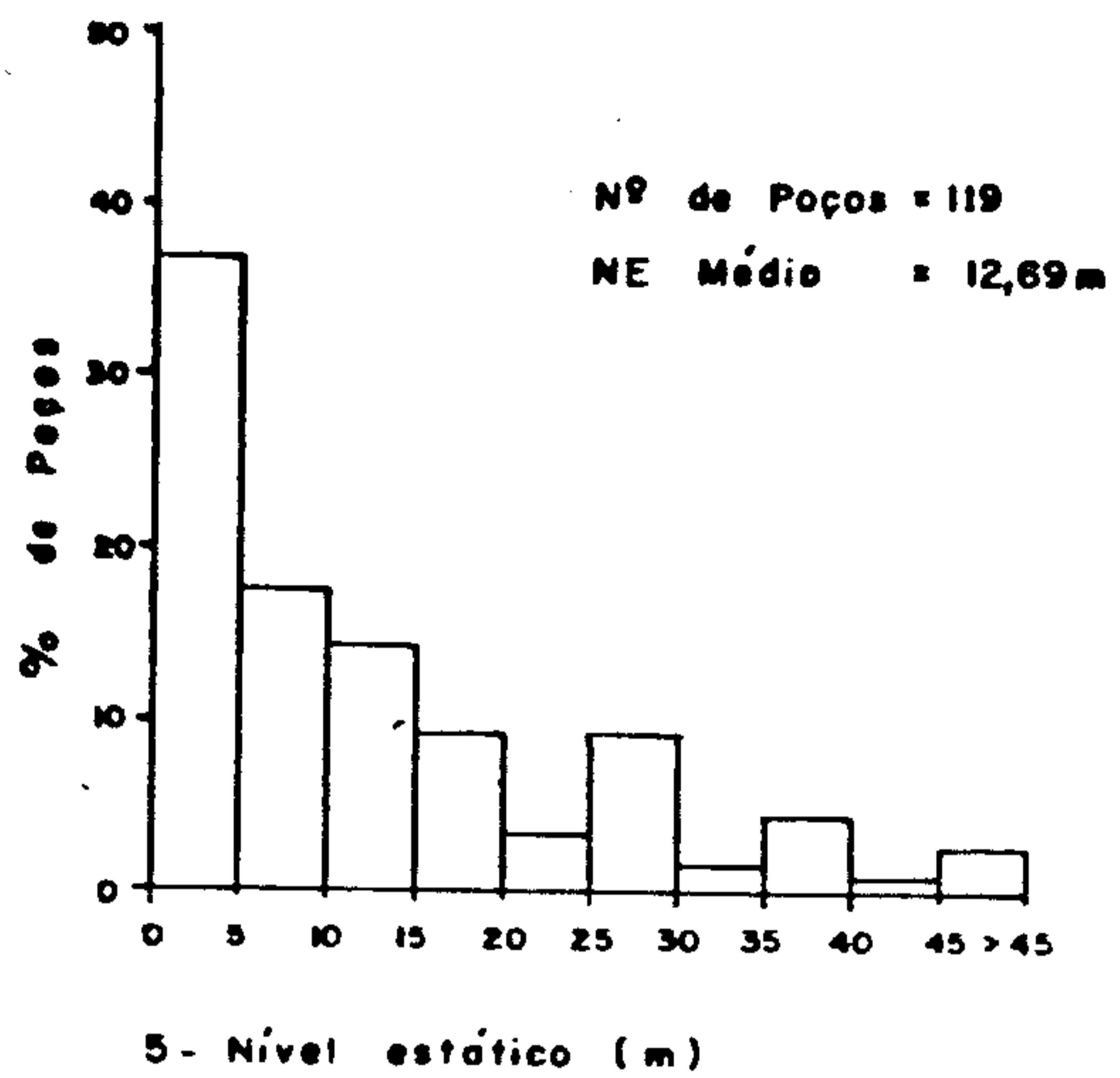
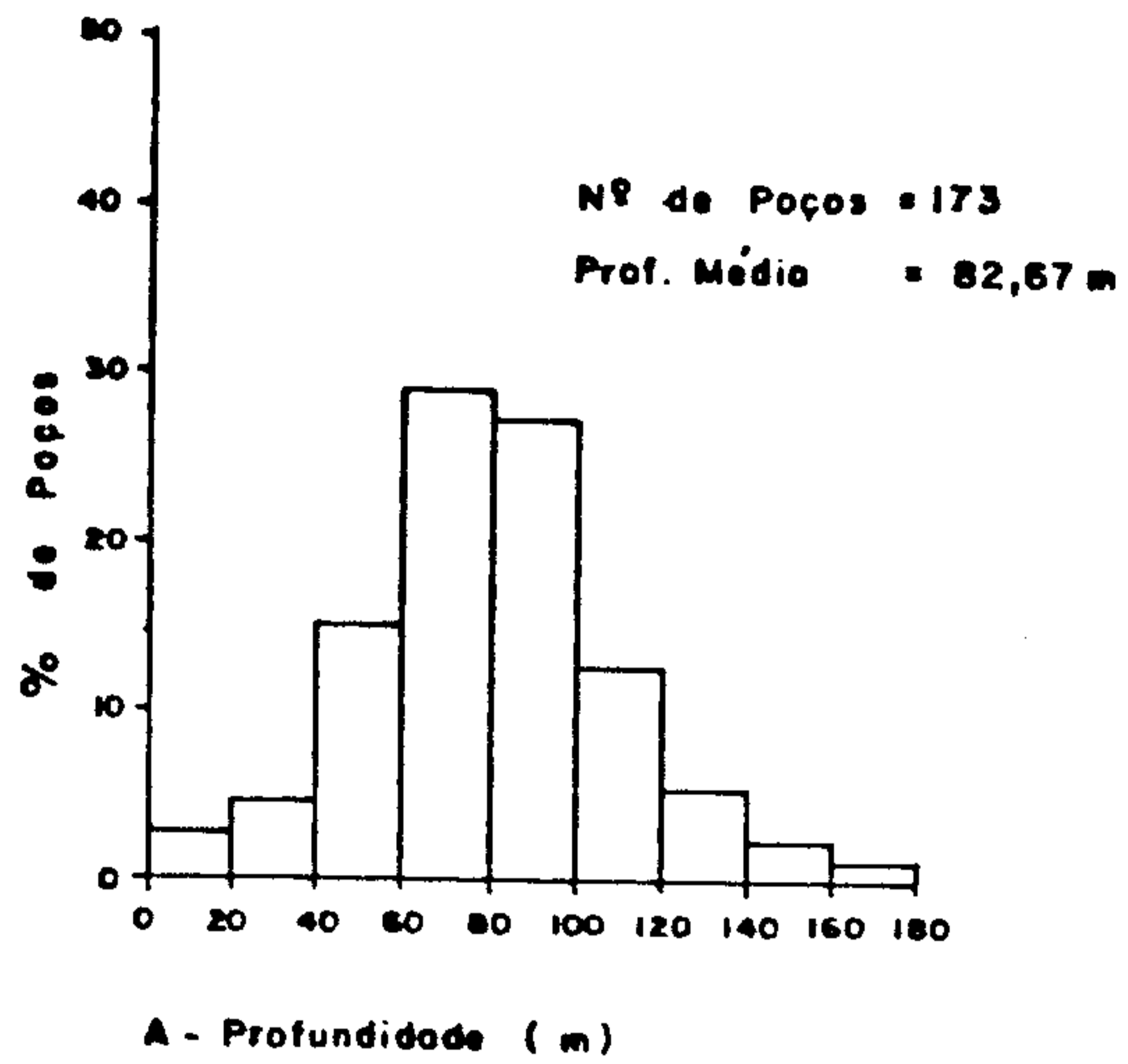


Fig. 6.2

ções de valores com 43,2%, 14,7% e 14,7%, respectivamente, nos intervalos restantes os percentuais são inferiores a 10%.

6.3.2.1 Condições de Alimentação

Para o caso dos aquíferos fraturados do Grupo Bambuí a determinação da quantidade de água que realmente é armazenada no subsolo torna-se difícil devido à complexidade desses aquíferos. Embora sendo um aquífero livre, as possibilidades de infiltração direta das águas meteóricas são reduzidas, e nesse caso a recarga do aquífero se dá por filtrações verticais descendentes através do manto de intemperismo, das coberturas indiferenciadas ou através dos leitos dos mananciais de superfície nos pontos de coincidência fratura-drenagem.

Para uma área aproximada de 13.800 km² e uma precipitação média anual de 1.289,9 mm, o volume de chuvas precipitado anualmente nas áreas de ocorrência das rochas pelíticas do Grupo Bambuí é de 17,8 bilhões de metros cúbicos, Boa parte deste volume d'água precipitado é consumida pela evapotranspiração, cujo valor médio anual é da ordem de 1.200 mm. Nota-se então que a contribuição das águas meteóricas na regeneração dos depósitos de água subterrânea no Grupo Bambuí é bastante significativa.

Pela inexistência de medidas diretas de infiltração das águas nas rochas pelíticas do Grupo Bambuí e de dados que permitam uma estimativa com base na vazão de escoamento subterrâneo na área de estudo, optou-se pela extrapolação de valores médios determinados para essas rochas em áreas vizinhas, cujas características litológicas, morfoló

gicas e estruturais apresentam acentuada semelhança. Sem levar em conta a variação climática de uma região para outra, o valor médio $I = 0,68\%$ adotado, pode ser considerado com boa aproximação. Outros fatores podem também influir no armazenamento das águas que se infiltram até a zona de saturação e dentre esses podem ser citados a espessura do solo ou de outros depósitos acima do lençol freático, a topografia, a vegetação, a intensidade, duração e distribuição temporal das chuvas, etc.

6.3.2.2 Escoamento e Exutórios

O mapa piezométrico (Anexo VI) do aquífero Bambuí foi elaborado utilizando-se os valores das altitudes de 76 poços tubulares.

O comportamento das curvas piezométricas indica que o escoamento se faz em direção aos rios das Velhas e Paraopeba. O gradiente é bastante variável indo de 1,2 metros por quilômetro a 11,1 metros por quilômetro, sendo que esta variação decresce de SSE para NNW.

A análise do histograma das entradas d'água dos poços perfurados no Grupo Bambuí (fig. 6.2-D) indica que a maioria dessas entradas d'água estão situadas em profundidades que não ultrapassam 75 metros. O nível estático (fig. 6.2-B) é, em média, de 12,69 metros, sendo que para entradas d'água a profundidades que não ultrapassam os 40 metros os níveis tendem a se igualar, enquanto que entradas a maiores profundidades provocam, via de regra, uma ascensão do nível correspondente às entradas mais rasas inclusive com a ocorrências, na área abrangida pelo Bambuí, de poços jorrantes (nºs 0039, 0679, 0905). Essa análise indica que por um lado

existe uma conexão hidráulica entre o manto de intemperismo e aluviões com o sistema de fraturas superficial dando origem aos aquíferos livres; e por outro, a existência em profundidade de uma circulação em situação de confinamento, embora num estágio inicial. No entanto, as condições de artesianismo podem ser consequência em determinados locais de uma combinação da estrutura geológica com a topografia, combinação essa que irá propiciar as condições citadas.

Os exutórios são representados pelas nascentes, rios e evapotranspiração. Embora tenham sido observadas várias nascentes, notadamente na região a oeste de Corinto e norte de Felixlândia, foram cadastradas apenas duas, uma delas com vazão de 0,22 l/s.

Os principais rios na área de ocorrência dos pelitos do Grupo Bambuí são os rios das Velhas e Paraopeba e seus afluentes que contribuem sobremaneira na descarga do sistema aquífero Bambuí.

A evapotranspiração contribui em boa parte como exutório, principalmente, nas áreas onde os níveis d'água estão muito próximos da superfície. Cálculos efetuados através da fórmula de Turc forneceram um valor de 1.231,1 mm/ano, ou seja 93% da pluviometria.

6.3.2.3 Características Dimensionais e Hidrodinâmicas

Conforme foi dito no item 6.3.2 as rochas pelíticas do Grupo Bambuí abrangem cerca de 13.800 km², que correspondem a 19,8% da área total da folha. Estas rochas, ocorrem na porção oeste da área, delimitando-se a leste com rochas do Super Grupo Espinhaço e ao sul com a Associação Barbacena/Paraíba do Sul.

A espessura da camada saturada dessas rochas está ligada diretamente ao conjunto de fraturas, diáclases e cavidades que dão origem à sua permeabilidade. Um conhecimento mais apurado da distribuição das zonas de fraturas, bem como de suas profundidades seria possível com a análise de um grande número de informações do subsolo. Na área de estudo, para um total de 40 poços profundos, foram catalogadas 94 entradas d'água que mostram a concentração dessas aberturas (cerca de 85%) entre 0 e 75 metros de profundidade. Acima de 75 metros ocorrem apenas 15% do número total das entradas, o que leva a crer que as possibilidades de se encontrar níveis d'água em profundidades superiores a 80 metros são bastante escassas. Portanto, para efeito da avaliação do volume total de rocha saturada, considerar-se-á a espessura média da camada saturada como sendo igual a 80 metros. O volume de rocha saturada será da ordem de:

$$V_{RS} = 1,1 \times 10^{12} \text{ m}^3.$$

As características hidrodinâmicas do aquífero Bambuí foram determinadas através da interpretação dos dados obtidos de 02 testes de bombeamento realizados pela equipe do projeto nos poços BHSE-0700 (Várzea de Cima - município de Curvelo) e BHSE-0774 (faz. do Alegre - município de Funilândia). Além desses, foram interpretados os resultados de 03 testes realizados pela COPASA em poços perfurados nas cidades de Paraopeba (1) e Pompéu (2). A avaliação dos dados foi realizada utilizando-se os métodos de Jacob e Theis, obtendo-se os resultados constantes do quadro 6.3. No Anexo V é apresentado um relatório completo sobre estes testes.

VALORES DE TRANSMISSIBILIDADE PARA O AQUIFERO BAMBUÍ

POÇO BOMBEADO	LOCAL	MUNICÍPIO	TRANSMISSIBILIDADE
BHSE-0700	Várzea de Cima	Curvelo	$3,75.10^{-4}$
BHSE-0774	Faz. do Alegre	Funilândia	$1,03.10^{-4}$
BHSE-0969	Paraopeba	Paraopeba	$1,30.10^{-4}$
BHSE-1027	Pompéu	Pompéu	$7,39.10^{-4}$
BHSE-1029	Pompéu	Pompéu	$1,48.10^{-3}$

QUADRO 6.3

Para a interpretação dos resultados foram utilizados valores de recuperação e depressão residual; não foram utilizados piezômetros.

A análise dos valores encontrados para a transmissibilidade mostra uma certa coerência com os valores determinados em áreas vizinhas (BHNO - T médio = $1,03.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ e BHSO - T médio = $1,14.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$) onde ocorrem essas mesmas rochas do Grupo Bambuí, comprovando o caráter anisotrópico e as características da porosidade do meio testado.

Os valores obtidos para o coeficiente de transmissibilidade (T) indicam uma variação de $1,03.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ a $1,48.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, com um valor médio de $0,56.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

Pela inexistência de condições ideais não foi possível fazer determinações do coeficiente de armazenamento (S) das rochas pelíticas do Grupo Bambuí. Na região vizinha (Folha BHSO), em local com condições geológicas idênticas à da área, foi encontrado um valor de S igual a $2,68.10^{-6}$, porém este é bastante diferente da média conhecida, que está

em torno de $1,9 \cdot 10^{-4}$. Para os cálculos onde se fizer neces
sária a utilização do coeficiente de armazenamento, o valor
considerado será o último.

6.4 Água Subterrânea em Zonas Cársticas

O cárste, no âmbito da área em estudo, é repre
sentado pelos calcários dolomíticos da Formação Paraopeba,
pertencente ao Grupo Bambuí. Apresenta um sistema primário
de juntas bem definido e, secundariamente, um sistema de fra
turas decorrente de dobramento. O calcário Paraopeba, pelo
fato de ser maciço e compacto, apresenta uma porosidade pri
mária insignificante, o que restringe a sua capacidade de ar
mazenar água ao arcabouço estrutural e notadamente à existên
cia de fendas e/ou cavernas de dissolução cárstica. Apresen
ta-se como um aquífero livre com características anisotrópi
cas, cuja transmissibilidade é bastante variável em virtude
do seu condicionamento a variações litológicas e ao comporta
mento tectônico.

As fissuras e diáclases, resultantes dos esfor
ços tectônicos que atuaram sobre as rochas carbonáticas da
Formação Paraopeba, permitem a percolação de águas meteóri
cas na maioria das vezes ricas em ácidos húmicos provenien
tes de solos vegetais, que propiciam a dissolução cárstica,
dando origem a vazios por onde a água circula livremente.
A movimentação das águas está restrita aos horizontes de
calcário, em virtude das fracas possibilidades de armazenamen
to e transmissão oferecidas pelas ardósias.

No quadro 6.4 abaixo são mostrados os valores
máximos, mínimos e médios de algumas das principais caracte
rísticas de 94 poços tubulares perfurados no calcário Parao

peba.

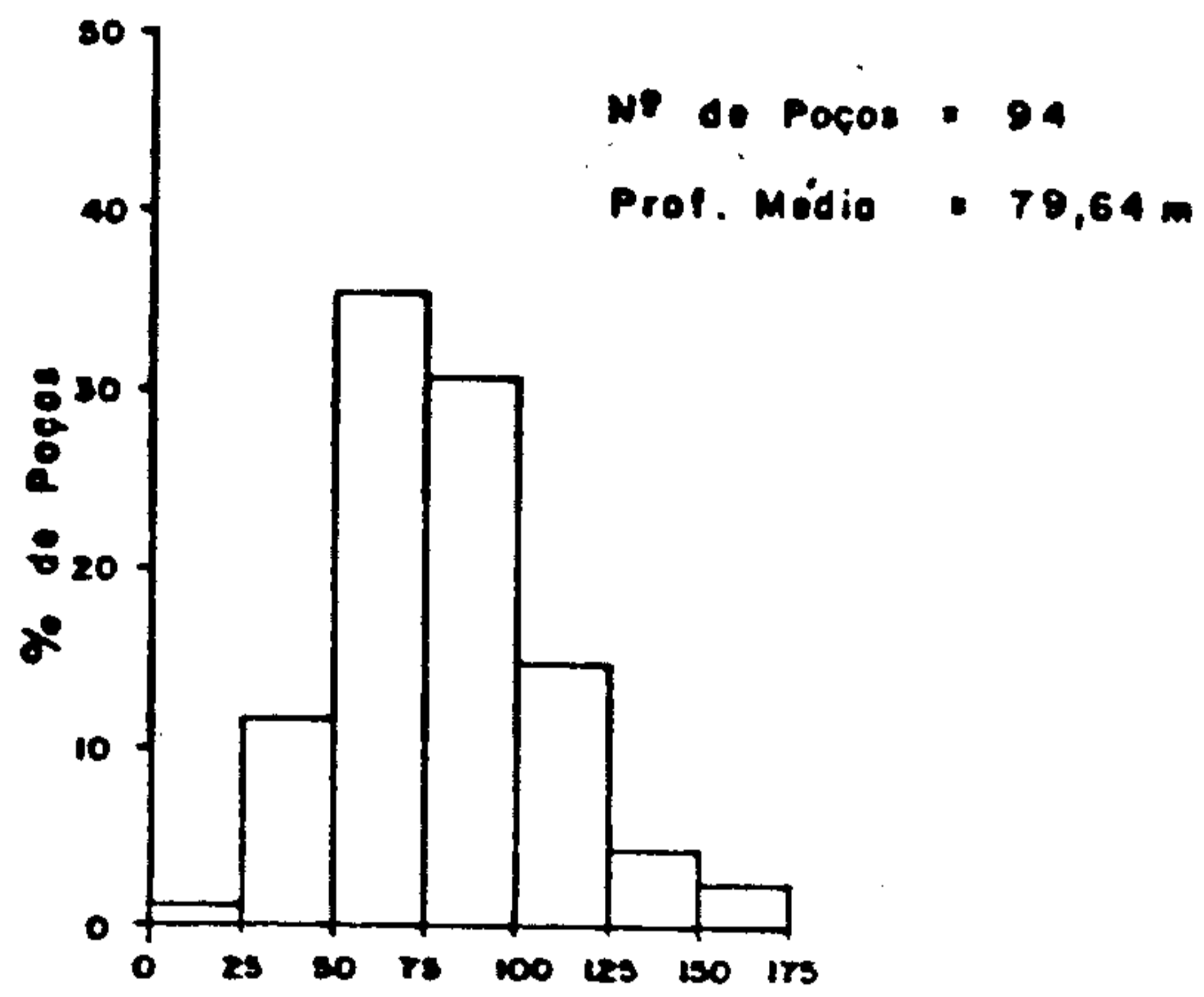
PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS TUBULARES

	UNIDADE	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÉDIO
PROFUNDIDADE	m	170,00	25,00	79,64
NÍVEL ESTÁTICO	m	44,50	0,00	13,07
NÍVEL DINÂMICO	m	80,00	2,00	29,04
VAZÃO	m ³ /h	102,00	1,20	25,78
REBAIXAMENTO	m	60,00	0,70	16,43
VAZÃO ESPECÍFICA	m ³ /h/m	114,28	0,02	7,17

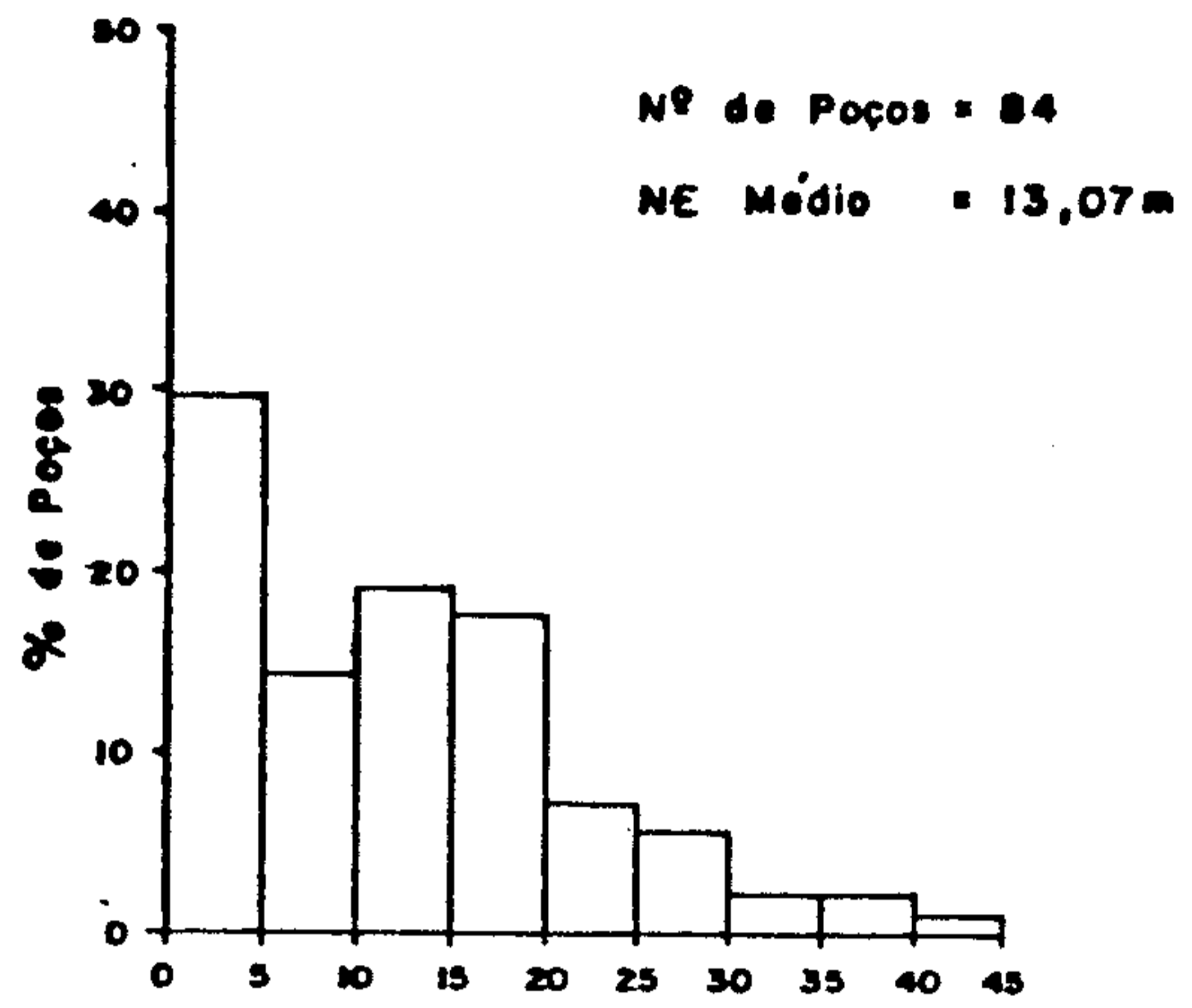
QUADRO 6.4

Na figura 6.3 estão indicados em histogramas, as distribuições percentuais das profundidades, dos níveis estáticos, dos níveis dinâmicos, das entradas d'água, das vazões e das vazões específicas dos poços perfurados nas zonas cársticas da Formação Paraopeba. Para as profundidades (fig. 6.3-A) nota-se que 78,7% dos valores não ultrapassam 100 metros e estão concentrados nos intervalos de 0 a 25, 25 a 50, 50 a 75 e 75 a 100 metros com 1,1%, 11,7%, 35,1% e 30,8%, respectivamente; nos demais intervalos os percentuais não atingem 15%. Pela figura 6.3-B verifica-se que 80,9% dos valores dos níveis estáticos são inferiores a 20 metros e concentrações de valores acima de 10% são observadas nos intervalos de 0 a 5, 5 a 10, 10 a 15 e 15 a 20 metros; percentuais menores de 8% ocorrem nos demais intervalos. Para os níveis dinâmicos (fig. 6.3-C) observa-se que 81,6% dos valores não ultrapassam 40 metros e valores superiores a 15% são observados nos intervalos de 0 a 10, 10 a 20, 20

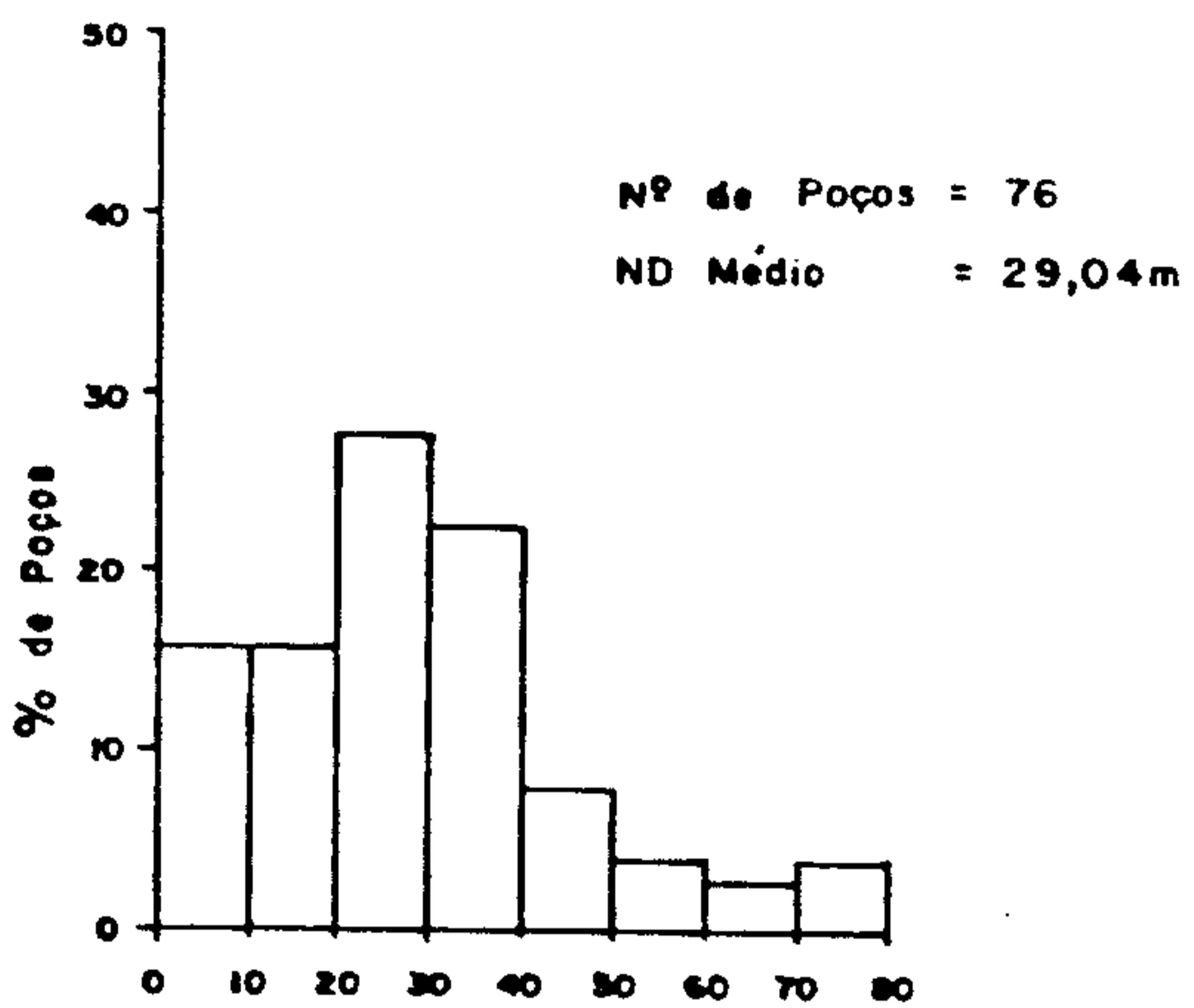
**CARACTERÍSTICAS DE POÇOS PERFORADOS EM ZONAS
CÁRSTICAS**



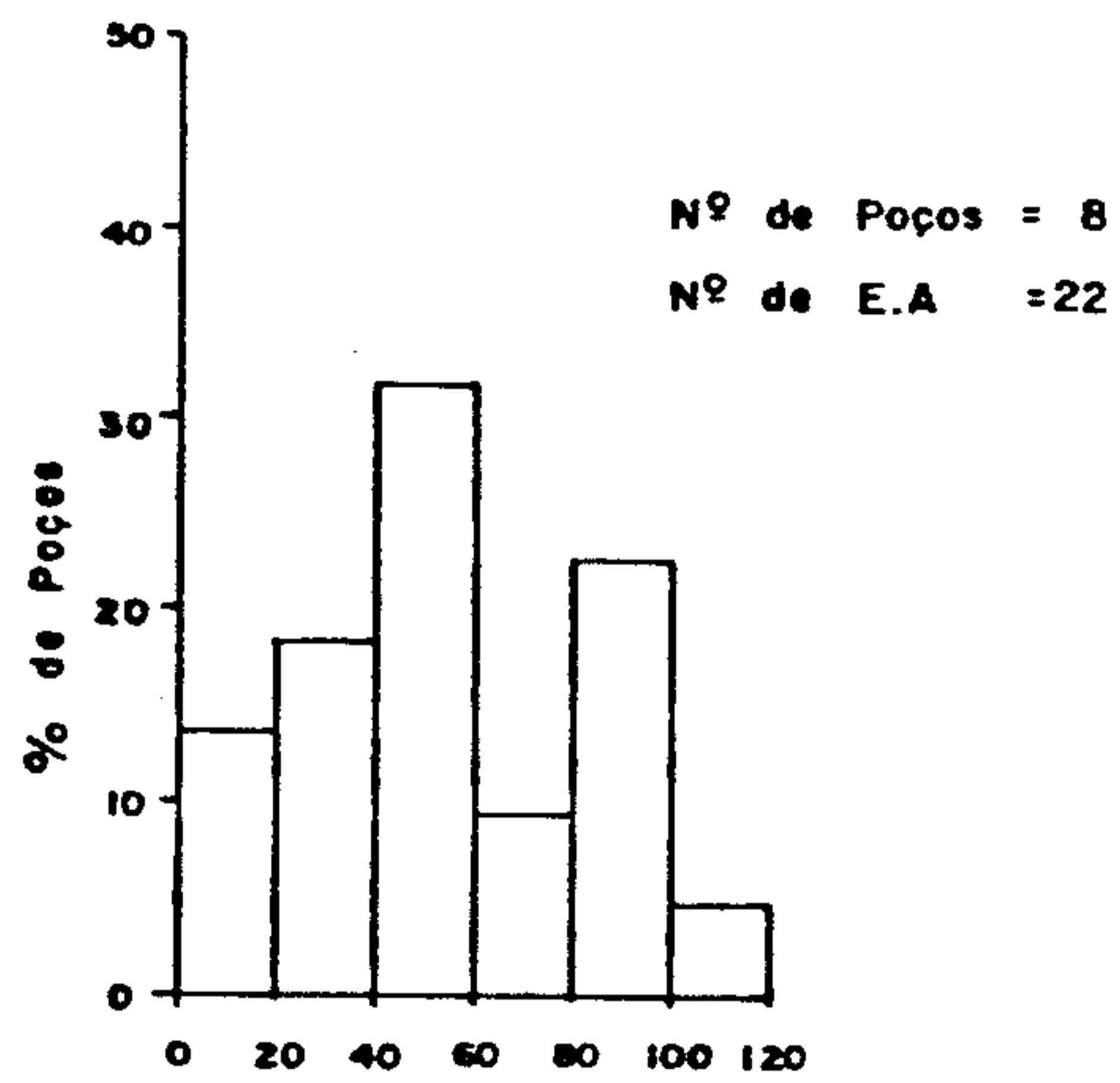
A - Profundidade (m)



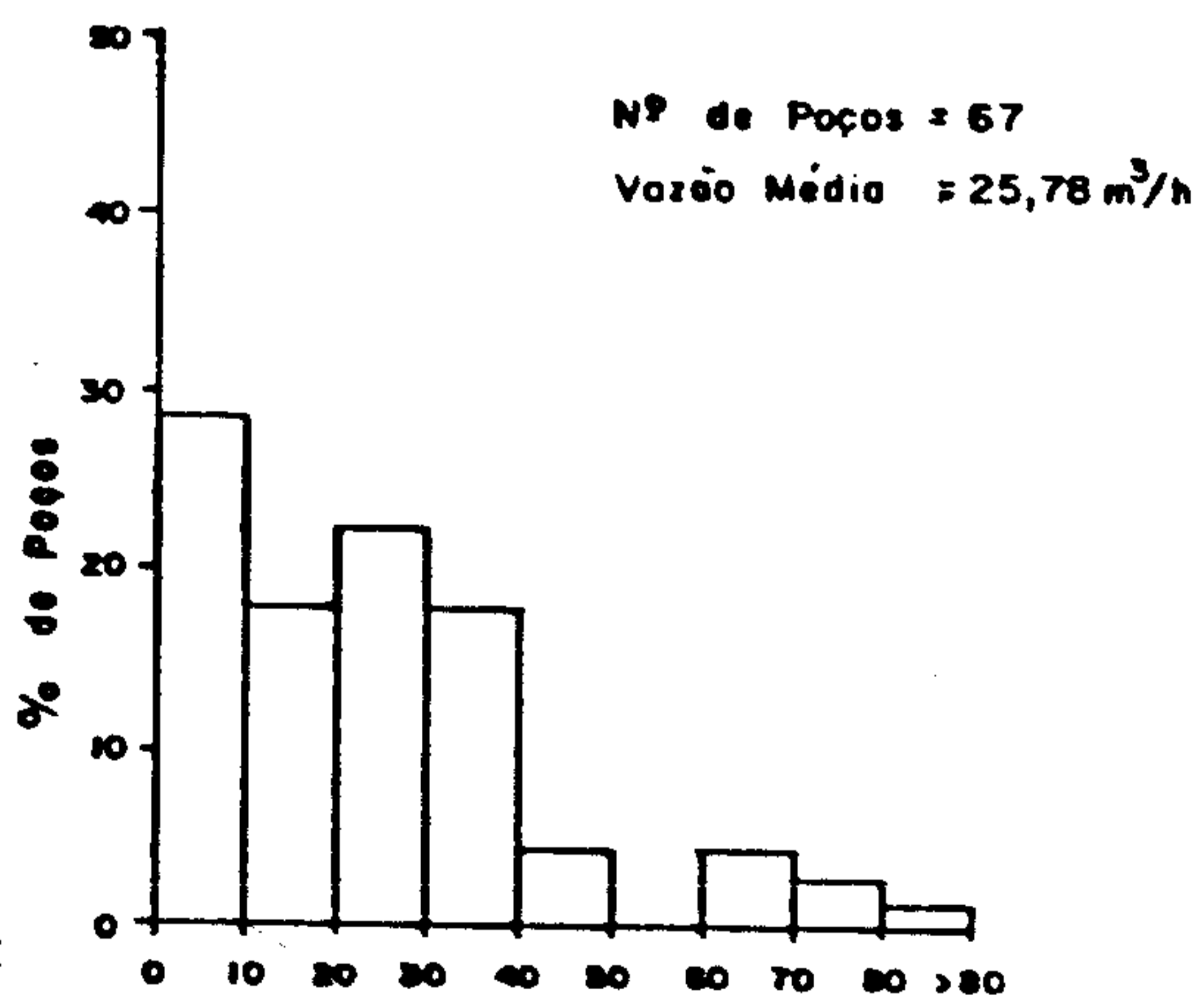
B - Nível estático (m)



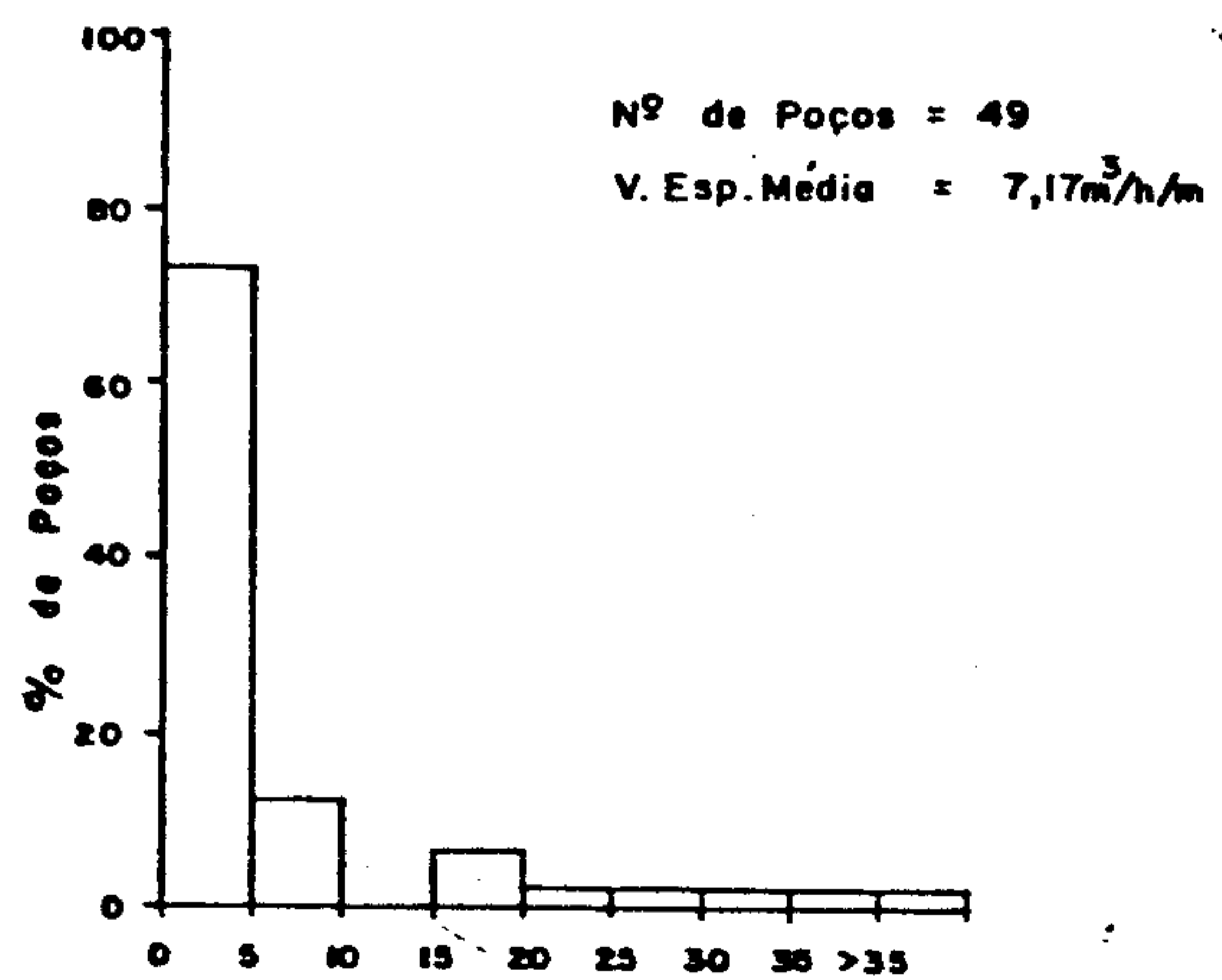
C - Nível dinâmico (m)



D - Entradas d'água (m)



E - Vazão (m³/h)



F - Vazão Específica (m³/h/m)

a 20 e 30 a 40 metros, sendo que nos demais intervalos ocorrem percentuais inferiores a 8%. Na figura 6.3-D verifica-se que 95,5% dos valores das entradas d'água são inferiores a 100 metros e valores acima de 15% são encontrados nos intervalos de 20 a 40, 40 a 60 e 80 a 100 metros; apenas o último intervalo apresenta um percentual inferior a 5%. A figura 6.3-E indica que 87,1% dos valores das vazões não ultrapassam $40 \text{ m}^3/\text{h}$, ocorrendo maior concentração nos intervalos 0 a 10, 10 a 20, 20 a 30 e 30 a $40 \text{ m}^3/\text{h}$ com percentuais acima de 15%; nos demais intervalos os percentuais são inferiores a 5%. Na figura 6.3-F onde estão indicados os percentuais da vazão específica, 85,7% dos valores não ultrapassam $10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ e concentrações acima de 10% são observadas nos intervalos de 0 a 5 e 5 a $10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$; nos demais intervalos os percentuais não atingem 7%.

6.4.1 Características Dimensionais

A área de afloramento dos cársticos da Formação Paraopeba abrange cerca de 1.588 km^2 , desenvolvendo-se em corpos esparsos na borda leste da bacia em contato com as rochas do Super Grupo Espinhaço; ao sul, abrangendo totalmente ou em parte os municípios de Sete Lagoas, Prudente de Moraes, Capim Branco, Matozinhos, Pedro Leopoldo, Lagoa Santa e Vespasiano em contato com o Complexo Gnáissico-Migmatítico da Associação Barbacena/Paraíba do Sul e ao norte onde o afloramento maior abrange em parte ou totalmente os municípios de Santo Hipólito, Monjolos e Augusto de Lima. Outras ocorrências isoladas são observadas a partir do meridiano de $44^{\circ}00'$ para oeste.

Quanto à espessura das rochas carbonáticas não se pode precisar exatamente qual seja, pois os dados forneci

dos por perfurações executadas no Grupo Bambuí não delimitam exatamente esta espessura. Por exemplo, o furo 1-PSB-16-MG executado para o Projeto Sondagem Bambuí (DNPM/CPRM) ora em fase de relatório final, situado 8 km a N de Corinto na estrada velha Corinto-Pirapora, atingiu 700,60 metros de profundidade, atravessando uma seqüência de calcários com intercalações síltico-argilosas a partir dos 200 metros, sendo que os 200 metros iniciais são constituídos de seqüências síltico-argilosas com intercalações de rocha síltico-calcífera de espessuras inferiores a 6 metros. Nas folhas Brasília-SE e Brasília-NE, estudadas no Projeto Hidrogeologia do Norte de Minas Gerais e Sul da Bahia, foram estimadas espessuras saturadas para a fácies carbonática da Formação Paraopeba em torno de 100 metros. Todavia o desenvolvimento de aberturas por dissolução está limitado à faixa superior não muito espessa, onde ocorre circulação da água. Assim sendo, para uma área de 1.588 km², o volume de rocha saturada será:

$$V_{RS} = 0,16 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$$

6.4.2 Condições de Alimentação

Nos aquíferos cársticos a recarga é representada pela precipitação atmosférica que atua diretamente sobre a área de ocorrência dos calcários, pela infiltração das águas dos mananciais de superfície e pelo que parece ser um dos mais importantes agentes dessa recarga ou seja, a infiltração vertical descendente de água inicialmente acumulada nos sedimentos recentes inconsolidados que, em alguns locais, recobrem a Formação Paraopeba.

Nas áreas de ocorrências dos cársticos, no âmbito da folha Belo Horizonte-SE, onde o relevo é suave, a

existência de dolinas e sumidouros facilitam a alimentação a través da infiltração pelas águas meteóricas, cujo volume pre
cipitado anualmente, numa área de aproximadamente 1.588 km²
com índice pluviométrico médio anual de 1.359,3 mm, é de
2,2 bilhões de metros cúbicos. Nos locais mais acidentados,
a recarga por infiltração direta das águas de chuva é difi
cultada e reduzida, sendo favorecido o escoamento super
cial.

Pelo fato de não se possuir dados de medidas
diretas de infiltração nas zonas cársticas da área em estu
do, utilizar-se-á o valor determinado por Morais (1977) na
folha Belo Horizonte-NE, que foi de 0,64%.

6.4.3 Escoamento e Exutório

Segundo Lladó (1970), a circulação cárstica de
pende de uma série de fatores, tais como:

- a) existência de um maciço calcário com tectonismo pro
prio capaz de absorver águas de superfície;
- b) existência de uma parede natural de rochas impermeá
veis denominada nível de base cárstico;
- c) existência de estágios evolutivos dos maciços cársti
cos intimamente ligados à evolução geral do relevo,
que devem alterar consideravelmente as característi
cas da circulação ao ponto de nenhum desses estágios
ser possível de aparecer como padrão de circulação, e
a exclusão de alguns deles dificulta na exposição de
conceitos mais precisos da circulação em geral.

Na área em estudo conclui-se pela observação
das entradas d'água nos poços que, em profundidade, a circula

ção não ultrapassa os 120,00 metros, pois essas entradas d'água apresentam valores máximo de 119,00 metros com mínimo de 16,00 metros e médio de 56,16 metros.

Em relação à descarga, as perdas naturais do sistema cárstico seriam através dos rios, que na área de estudo são representados pelos afluentes do rio das Velhas, Pardo, Pardo Pequeno e outros, e da evapotranspiração, principalmente nas áreas onde os níveis d'água estão muito próximos da superfície. Pode haver perda também através da evaporação direta envolvendo fenômenos de capilaridade. Estações evaporimétricas situadas em Lagoa Santa (período 1949 a 1958) e Sete Lagoas (período 1961 a 1970) forneceram valores totais anuais para a evaporação de 1.013,6 mm e 1.090,3 mm, respectivamente.

Na região estudada os níveis d'água catalogados distribuem-se percentualmente, segundo a profundidade, de acordo com o quadro 6.5 abaixo.

PERCENTUAIS DOS NÍVEIS ESTÁTICOS

INTERVALO (m)	PERCENTAGEM	FREQÜÊNCIA ACUMULADA
0,0 - 5,0	29,76	29,76
5,0 - 10,0	14,29	44,05
10,0 - 15,0	19,05	63,10
15,0 - 20,0	17,86	80,96
20,0 - 25,0	7,14	88,10
25,0 - 30,0	5,95	94,05
30,0 - 35,0	2,38	96,43
35,0 - 40,0	2,38	98,81
40,0 - 45,0	1,19	100,00

QUADRO 6.5

.70.

6.4.4 Características Hidrodinâmicas

Dos testes de bombeamento interpretados para a região estudada, nenhum foi perfurado totalmente no calcário, portanto os valores dos parâmetros hidrodinâmicos aqui apresentados foram determinados em zonas cársticas das folhas Belo Horizonte-SO (CETEC) e Belo Horizonte-NO.

O valor médio para a transmissibilidade encontrado foi de $T = 5,45 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ em Vazante (folha BH-SO); o coeficiente de armazenamento determinado em Unai (folha BH-NO) foi de $S = 3,5 \cdot 10^{-3}$, embora a seqüência de rochas penetrada não seja exclusivamente cárstica. Entretanto, para efeito de cálculos, será utilizado o valor de S encontrado para a região de Irecê-BA (OESA, 1974) que foi de $5 \cdot 10^{-3}$, região esta tipicamente cárstica e que apresenta razoável semelhança litológica e geológica com a área de estudo.

As vazões relativas a 67 poços perfurados nas rochas carbonáticas da Formação Paraopeba, apresentam valor máximo de $102,00 \text{ m}^3/\text{h}$ (poço BHSE-1203), um valor mínimo de $1,20 \text{ m}^3/\text{h}$ (poço BHSE-0899) e valor médio de $25,78 \text{ m}^3/\text{h}$.

As vazões específicas determinadas para um total de 49 poços, indicam um valor máximo de $114,28 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ (poço BHSE-0891), um valor mínimo de $0,02 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ (BHSE-0899) e um valor médio de $7,17 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$. A análise dos valores das vazões, em relação às regiões onde estão situadas as ocorrências de rochas carbonáticas, indica que a produtividade dos poços perfurados na região de Sete Lagoas - Lagoa Santa é bem superior à daqueles perfurados na região de Santo Hipólito, Monjolos e Augusto de Lima.

6.5 Estudo Estatístico-Probabilístico dos Aquíferos Fraturados e Cársticos

O conhecimento da distribuição das vazões específicas na hidrogeologia é de importância fundamental no planejamento de sistemas de captação de água subterrânea em locais onde não se possa prever a produtividade de um poço a ser construído. Assim sendo, é necessário que se conheça a ordem de grandeza das vazões prováveis de serem obtidas e com que frequência isto iria acontecer num dado sistema aquífero.

De posse de uma quantidade razoável de valores de vazões específicas, optou-se pela realização, embora de maneira superficial, de uma análise estatística segundo o método de Galton (Custódio, 1976), que prevê a distribuição das vazões específicas ou vazões específicas por metro de penetração segundo uma lei probabilística normal. A vantagem desta distribuição em relação ao manuseio dos dados, reside no fato de que a mesma pode ser representada segundo uma reta em papel probabilístico-logarítmico.

Em virtude de não se ter em mãos dados exatos acerca da espessura saturada dos aquíferos atravessados, considerou-se como variável a vazão específica por metro de penetração.

Na figura 6.4 foram plotados os valores de vazão específica por metro de penetração - probabilidade acumulada para os aquíferos fraturados (rochas pelíticas do Grupo Bambuí e do embasamento cristalino) e cársticos (rochas carbonáticas da Formação Paraopeba). Nessa figura nota-se que as retas de ajuste dos pontos relativos a poços dos aquíferos Bambuí (fraturado) e cárstico indicam um caráter hetero

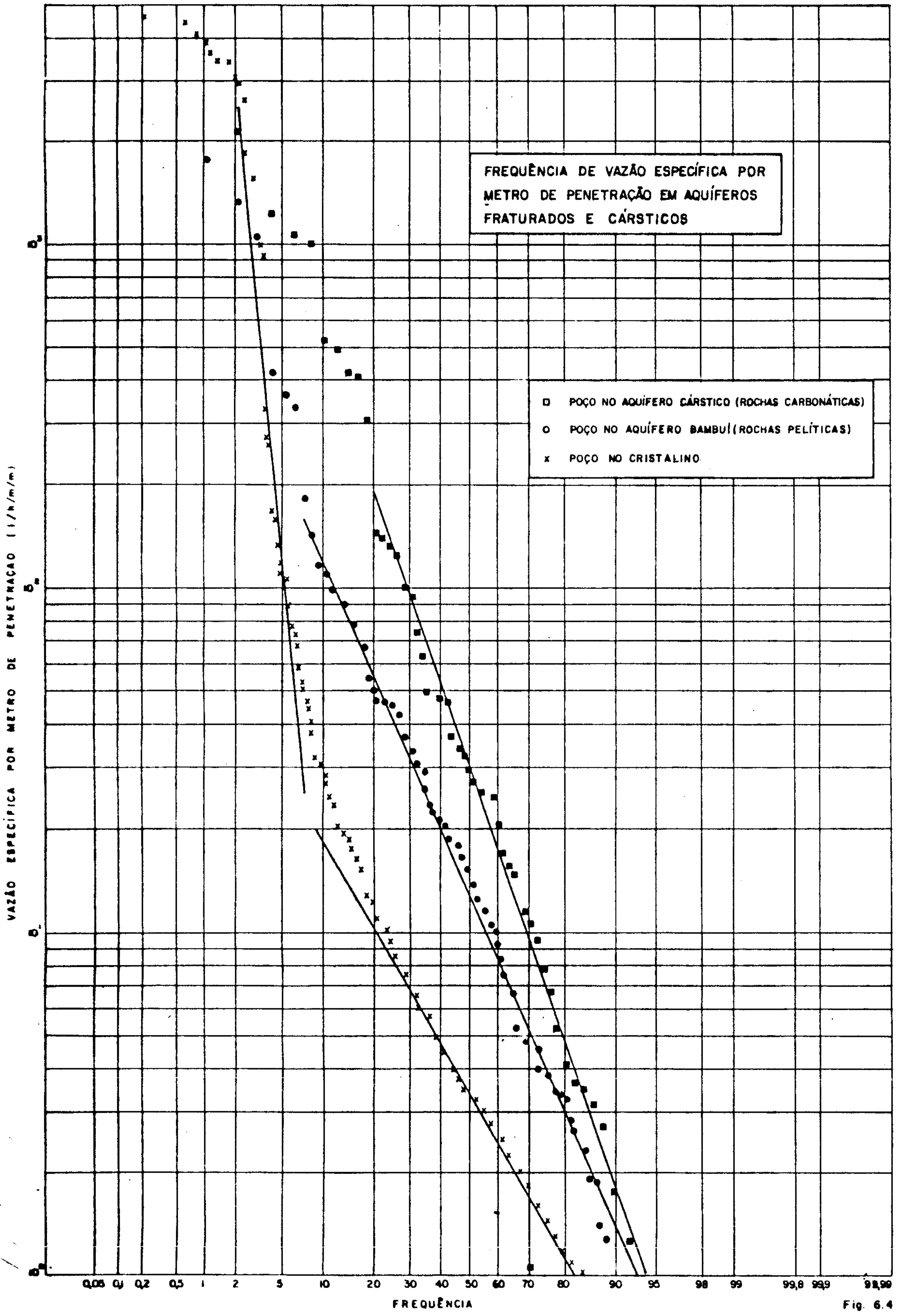


Fig. 6.4

gêneo semelhante (em função da inclinação dessas retas), sendo que para os pontos correspondentes aos poços do cristallino a reta de ajuste denota um caráter ligeiramente menos heterogêneo que para os dois primeiros aquíferos.

Para o aquífero cárstico, a probabilidade de se obter uma vazão específica por metro de penetração igual ou maior que 7,0 l/h/m/m é de 75%, isto é, em cada 4 poços 3 poderiam fornecer uma vazão igual ou maior do que aquela. Para vazões iguais ou superiores a 135,1 l/h/m/m a probabilidade é de 1 em cada 4 poços.

No caso do aquífero Bambuí fraturado observa-se que a probabilidade de se obter uma vazão igual ou maior que 4,0 l/h/m/m é de 75%, ou seja, 3 em cada 4 poços poderiam apresentar vazões iguais ou superiores àquela. Para vazões iguais ou superiores a 42,0 l/h/m/m a probabilidade é de 1 em cada 4 poços.

Para o caso do aquífero constituído pelas rochas do embasamento cristalino, nota-se que a probabilidade de ocorrer vazões iguais ou superiores a 1,4 l/h/m/m é de 75%, ou seja, 3 em cada 4 poços poderiam apresentar uma vazão idêntica ou superior àquela. Para valores iguais ou superiores a 8,4 l/h/m/m a probabilidade é de 1 para cada 4 poços.

No quadro 6.6 onde são mostrados os valores da mediana, da média, do desvio padrão e do coeficiente de variação para os aquíferos analisados, observa-se que os valores médios e as medianas indicam séries assimétricas com desvio para os valores baixos.

VALORES DOS PARÂMETROS

DISCRIMINAÇÃO	CÁRSTICOS	BAMBUÍ	CRISTALINO
Média	172,5	79,3	137,1
Mediana	30,0	13,2	3,4
Desvio Padrão	379,5	251,1	977,3
Coef. de Variação	2,2	3,1	7,1

QUADRO 6.6

Os valores do desvio padrão e do coeficiente de variação para os aquíferos cársticos e das rochas pelíticas do Grupo Bambuí indicam que há uma grande dispersão dos dados, sendo essa dispersão maior para as rochas pelíticas. No caso do aquífero representado pelas rochas cristalinas e cristalofilianas observa-se que a dispersão dos valores é ainda maior.

6.6 Água Subterrânea em Sedimentos Granulares

As rochas sedimentares existentes na área de estudo são representadas pelas coberturas indiferenciadas (Tqi, Qphi) e pelas aluviões, que no conjunto abrangem cerca de 8,4% da área total.

O reduzido número de dados disponíveis ir regularmente distribuídos impossibilitam uma análise quantitativa mais adequada das condições de alimentação e fluxo nos terrenos sedimentares, permitindo na maioria das vezes uma análise apenas qualitativa das condições hidrogeológicas. Os pontos d'água inventariados, em sua totalidade poços escavados, estão concentrados principalmente nas coberturas indiferenciadas.

6.6.1 Coberturas Indiferenciadas

Essas coberturas, pertencentes ao Quaternário (Qphi) e ao Terciário-Quaternário (TQi), ocorrem em sua quase totalidade capeando rochas do Grupo Bambuí, e em menor escala sobre rochas do Super Grupo Espinhaço, a partir do meridiano $43^{\circ}30'$ para oeste, abrangendo cerca de 4.284 km^2 , o que corresponde a 6,2% da área total de estudo.

Estão representadas principalmente por sedimentos areno-argilosos, localmente residuais ou de pequeno transporte. De um modo geral, esses sedimentos são constituídos por níveis de seixos angulosos mal selecionados, predominantemente quartzosos, formando cascalheiras e capeados por areias e argilas pouco consolidadas.

Em face de sua grande variação faciológica, esse sistema livre apresenta-se com características de heterogeneidade e anisotropia próprias. A espessura desses sedimentos na área não é conhecida exatamente, estimando-se que atinja no máximo 30 metros, com um valor médio em torno de 15 metros, podendo no entanto, ocorrer pequenas espessuras ao redor de 5 metros, o que leva a se dedicar maior interesse hidrogeológico às zonas de maior potência.

A realimentação do sistema se faz exclusivamente através da infiltração direta da água das chuvas precipitadas diretamente sobre as ocorrências.

Foram cadastrados cerca de 18 poços escavados e 1 nascente, sendo que a profundidade desses poços varia de 5,50 metros (mínimo) a 22,30 metros (máximo) com valor médio de 12,63 metros. Os níveis estáticos variam de 4,20 metros (mínimo) a 20,60 metros (máximo), com valor médio de

9,83 metros. O diâmetro dos poços, em média é de 1,00 metro e a maioria deles está equipada com sarilho.

Em relação aos exutórios, a evapotranspiração, as fontes e a infiltração para os aquíferos subjacentes se constituem nos fatores responsáveis pela descarga natural do sistema.

As nascentes ocorrem, via de regra, no contato das coberturas com as rochas do Grupo Bambuí ou do Super Grupo Espinhaço. Nas áreas de ocorrência da Formação Três Marias (pCbt) podem ser observadas inúmeras nascentes no contato das coberturas com esta formação. São nascentes de pequena vazão, difusas e cujos filetes d'água vão se reunindo até constituir pequenos cursos d'água. A que foi cadastrada (BHSE-0645) ocorre no contato com as rochas pelíticas da Formação Paraopeba e a vazão determinada para essa nascente foi de 1,13 l/s.

O interesse hidrogeológico desse sistema está condicionado às zonas de maior espessura e onde predomine fácies mais arenosa com melhores condições de permeabilidade e transmissibilidade.

A captação dos depósitos d'água subterrâneos das coberturas é feita através dos poços escavados citados anteriormente, e seu principal uso é o doméstico. Captações através de poços tubulares são inviáveis, seja pelas fracas espessuras apresentadas seja pela posição topográfica desfavorável.

6.6.2 Aluviões

Abrangendo uma área de aproximadamente 1.533

.76.

km² que corresponde a 2,2% da área total, esses sedimentos ocorrem nas margens dos rios Doce, das Velhas, Paraopeba e principais afluentes.

Com uma expressão em área pouco significativa e sem dados precisos acerca de sua espessura, as aluviões, em bora consideradas bons aquíferos, na área de estudo em ter mos de água subterrânea a sua contribuição é diminuta. Ape nas três pontos d'água foram cadastrados, sendo 2 poços esca vados com profundidades de 6,80 e 5,50 metros e níveis es táticos de 5,80 e 3,50 metros respectivamente, e uma nascen te.

6.6.3 Água subterrânea no Manto de Intemperismo

O manto de alteração que capeia as rochas cristalinas, cristalofilianas e o Grupo Bambuí, apresenta-se via de regra, pouco espesso, podendo localmente atingir um máximo de 30 metros.

Embora apresentando em grande parte uma com posição argilo-arenosa e espessura bastante variável, essa unidade consegue armazenar certo volume de água que a nível doméstico reúne condições de abastecer residências.

Uma parte do volume d'água infiltrado se es coa, indo alimentar os aquíferos das rochas subjacentes, e ou tra se perde através das nascentes e dos rios, principais exutórios que atuam na descarga natural das reservas hídri cas do manto de intemperismo.

O aproveitamento dessas reservas é feito atra vés de poços escavados com diâmetro médio de 1,00 metro e profundidades variando entre 3,50 e 29,00 metros (média 15,16 metros). Os níveis estáticos variam de 0,50 a 26,58

metros com um valor médio de 11,48 metros.

6.7 Estimativa das Reservas das Águas Subterrâneas

Uma estimativa preliminar das vazões de escoamento natural e das reservas permanentes e exploráveis para os sistemas Bambuí (rochas pelíticas) e Bambuí (rochas carbonáticas) foi feita a partir dos dados relativos a taxas de infiltração adotadas e também das características dimensionais dos aquíferos, apresentados nos itens anteriores.

No presente trabalho considerar-se-á como reservas exploráveis os valores do escoamento natural de cada sistema aquífero. Assim sendo, admite-se que, estando o sistema aquífero em equilíbrio dinâmico, o volume de água infiltrado seria equivalente ao volume anual do escoamento subterrâneo.

6.7.1 Aquífero Bambuí (rochas pelíticas)

6.7.1.1 Recursos de Águas Subterrâneas

Embora tendo sido elaborado o mapa piezométrico para o aquífero Bambuí, o valor da taxa de infiltração calculado para determinado trecho do mapa revelou-se totalmente anômalo em relação a valores encontrados em áreas vizinhas (BHNO e BHSO) geologicamente semelhantes. Frente a esse problema, para efeito de cálculos, adotou-se então um valor médio ($I = 0,68\%$) para essa taxa, relativo às citadas áreas. Por esse motivo, para a estimativa das reservas renováveis utilizou-se a fórmula:

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

onde: I = taxa de infiltração = 0,68 % (item 6.3.2.1)

V_p = volume precipitado médio anual = $17,8 \cdot 10^9$
 m^3 /ano (item 6.3.2.1).

Assim: $V'_r = \frac{V_p \cdot I}{100}$

$$V'_r = 0,12 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Por se tratar de um valor determinado através de dados estimados, este volume deve ser aceito com reservas.

6.7.1.2 Reservas Permanentes

As reservas permanentes representam a quantidade de água que é armazenada no aquífero, susceptível de ser restituída por gravidade (água de saturação) e que se pode retirar teoricamente, caso fosse possível levar o aquífero ao esvaziamento total. No caso dos aquíferos livres esse volume d'água é obtido através da fórmula:

$$V_s = A \cdot e \cdot S$$

onde : V_s = volume d'água armazenado (m^3)

A = área do aquífero (m^2)

e = espessura média da camada saturada (m)

S = coeficiente de armazenamento.

Portanto, considerando-se uma superfície total de 13.800 km^2 , uma espessura média saturada de 80 metros (item 6.3.2.3) para toda a área do Grupo Bambuí e um

coeficiente de armazenamento de $1,9 \cdot 10^{-4}$ (item 6.3.2.3), a reserva permanente do aquífero fraturado Bambuí será de:

$$V'_s = 13.800 \cdot 10^6 \cdot 80 \cdot 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V'_s = 0,21 \cdot 10^9 \text{ m}^3$$

6.7.2 Aquífero Bambuí (rochas carbonáticas)

6.7.2.1 Recursos de Águas Subterrâneas

O cálculo estimativo das reservas renováveis para o aquífero cárstico, representado pelas rochas carbonáticas do Grupo Bambuí, foi efetuado utilizando-se a fórmula:

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

onde: I = taxa de infiltração = 0,64% (item 6.4.2)

$$V_p = \text{Volume precipitado} = 2,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{ano} \quad (\text{item 6.4.2})$$

Assim:

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

$$V_r'' = 14,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Cabe aqui a mesma observação feita para o item 6.7.1.1.

6.7.2.2 Reservas Permanentes

Da mesma maneira como está dito no item 6.7.1.2 e utilizando-se a mesma fórmula para o cálculo do .80.

volume d'água armazenado, para uma área total de 1.588 km^2 , uma espessura média saturada de 100 m (item 6.4.1) correspondente às zonas cársticas e para um coeficiente de armazenamento de $5 \cdot 10^{-3}$ (item 6.4.4) a reserva permanente do aquífero cárstico Bambuí será de:

$$V''_s = 1.588 \cdot 10^6 \cdot 10^2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,8 \cdot 10^9 \text{ m}^3$$

$$V''_s = 0,8 \cdot 10^9 \text{ m}^3$$

Portanto, para o sistema aquífero Bambuí (rochas pelíticas e carbonáticas) as reservas renováveis (V_r) e permanentes (V_s) serão:

$$V_r = V'_r + V''_r \quad \text{onde} \quad V'_r = 0,12 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{ano} \quad (\text{item } 6.7.1.1)$$

$$V''_r = 14,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano} \quad (\text{item } 6.7.2.1)$$

$$V_r = 0,13 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$$

$$\text{e } V_s = V'_s + V''_s \quad \text{onde} \quad V'_s = 0,21 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \quad (\text{item } 6.7.1.2)$$

$$V''_s = 0,80 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \quad (\text{item } 6.7.2.2)$$

$$V_s = 1,01 \cdot 10^9 \text{ m}^3$$

7. HIDROQUÍMICA

7.1 Generalidades

O estudo do comportamento hidroquímico das águas subterrâneas teve por objetivo fornecer elementos para se determinar a qualidade dessas águas no que tange a consumo humano, animal, para irrigação e uso industrial.

No decorrer dos trabalhos de campo foram coletadas 106 amostras, sendo 70 em poços tubulares, 28 em poços escavados e 8 em nascentes. Segundo a litologia, foram coletadas 42 amostras em poços tubulares, 2 amostras em poços escavados e 1 amostra em nascente no Grupo Bambuí, (rochas pelíticas); 19 amostras em poços tubulares, 22 amostras em poços escavados e 6 amostras em nascentes no cristalino. Nas zonas cársticas foram coletadas 9 amostras em poços tubulares; no manto de intemperismo 3 amostras em poços escavados e 1 amostra em nascente, e nas coberturas indiferenciadas apenas 1 amostra em poço escavado.

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Sedimentometria e Qualidade das Águas (DIVLAB-CPRM), sendo feitas as seguintes determinações: pH, condutividade elétrica em micromhos/cm, alcalinidade e dureza total em mg/l de CaCO_3 , resíduo seco a 110°C ; e os constituintes principais em mg/l: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} além do NO_2^- , NO_3^- , $\text{Fe}^{2+(3+)}$ e Al^{3+} . Os valores em mg/l (miligramas por litro) são apresentados no catálogo geral de pontos d'água (anexo III). Na interpretação dos resultados, quando necessário, esses valores foram convertidos em meq/l (miliequivalentes por litro).

Na elaboração deste estudo foram considerados

os resultados de 103 amostras que estão dentro dos limites de erro permissível (Logan, 1965), sendo eliminadas 3 outras

7.2 Características Químicas das Águas

O conjunto de amostras analisadas mostra uma notória predominância do bicarbonato (75,7% do total) sobre os demais anions e do cálcio (34,9%) dentre os cátions.

Os resultados das análises mostram que, consideradas em conjunto, 71,8% das águas amostradas possuem condutividade elétrica inferior a 300 micromhos/cm, enquanto que apenas 2,9% estão acima de 600 micromhos/cm. O valor médio da condutividade é de 245,6 micromhos/cm. O grau de salinização das águas é baixo, sendo o resíduo seco médio da ordem de 185 mg/l. No quadro 7.1, onde está representada a distribuição de frequência dos resíduos secos, nota-se que 86,5% das amostras apresentam um valor de resíduo seco inferior a 300 mg/l, sendo que apenas 1,9% ultrapassam 500 mg/l.

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DOS RESÍDUOS SECOS

RESÍDUO SECO (mg/l)	Nº DE AMOSTRAS	FREQUÊNCIA	
		RELATIVA(%)	ACUMULADA(%)
0 - 100	19	18,5	18,5
100 - 200	53	51,5	70,0
200 - 300	17	16,5	86,5
300 - 400	10	9,7	96,2
400 - 500	2	1,9	98,1
500	2	1,9	100,0

QUADRO : 7.1

Quanto ao pH, as águas procedentes de poços escavados e nascentes variam de ácidas a básicas (4,7 a 8,1), sendo que as águas dos poços tubulares vão de neutras a alcalinas (6,1 a 8,8). Cerca de 17,5% dos valores são superiores a 8, sendo 8,8 o valor máximo e 4,7 o valor mínimo.

A dureza apresenta um valor médio de 104,7 mg/l de CaCO₃, ou seja 10,5° F. Segundo a classificação de Klut Olszewski (quadro 7.2) 52,4% das águas são classificadas como "muito moles", 18,5% são "moles", 16,5% são "algo duras" e 12,6% são "muito duras".

CLASSIFICAÇÃO DE DUREZA DE KLUT OLSZEWSKI

Dureza até 7° F	água "muito mole"
Dureza de 7 a 12° F	água "mole"
Dureza de 12 a 20° F	água "algo dura"
Dureza 20° F	água "muito dura"
(1° F = 10 mg/l)	

QUADRO 7.2

7.2.1 Grupo Bambuí

Conforme foi dito no item 7.1, no Grupo Bambuí foram coletadas 45 amostras sendo 42 em poços tubulares, 2 em poços escavados e 1 em nascente.

Essas águas apresentam-se com baixo grau de salinização com resíduo seco médio de 193,3 mg/l. O quadro 7.3 indica que 66,6% das amostras possuem resíduo seco inferior a 200 mg/l, sendo que apenas 2,2% estão acima de 400 mg/l.

Grupo Bambuí: DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DOS RESÍDUOS SECOS

RESÍDUO SECO (mg/l)	Nº DE AMOSTRAS	FREQUÊNCIA	
		RELATIVA(%)	ACUMULADA(%)
0 - 100	4	8,9	8,9
100 - 200	26	57,7	66,6
200 - 300	7	15,6	82,2
300 - 400	7	15,6	97,8
400 - 500	1	2,2	100,0

QUADRO : 7.3

Em relação ao pH, as águas dos poços tubulares variam de levemente ácidas a alcalinas (6,1 a 8,8), sendo que as duas amostras de poço escavado e a amostra de nascente também se colocam nesta faixa de classificação. Mais da metade dos pontos (cerca de 60%) apresentam pH acima de 7.

Quanto à dureza, o valor médio é de 141,8 mg/l de CaCO_3 ou seja 14,2°F. A distribuição percentual indica que 40,0% são águas "muito moles", 26,7% são "moles", 8,9% são "algo duras" e 24,4% são classificadas como "muito duras". Estas últimas poderão trazer problemas de incrustação devido a deposição de carbonato de cálcio. Na figura 7.1 é apresentado o mapa de dureza onde se observa que os valores maiores ocorrem na região de Lapinha, Araçai, entre Curvelo e Senhora da Glória e também na região de Monjolos.

7.2.1.1 Composição Química das Águas

Para a determinação dos tipos químicos das águas amostradas foi utilizado o diagrama triangular da fig. 7.2.

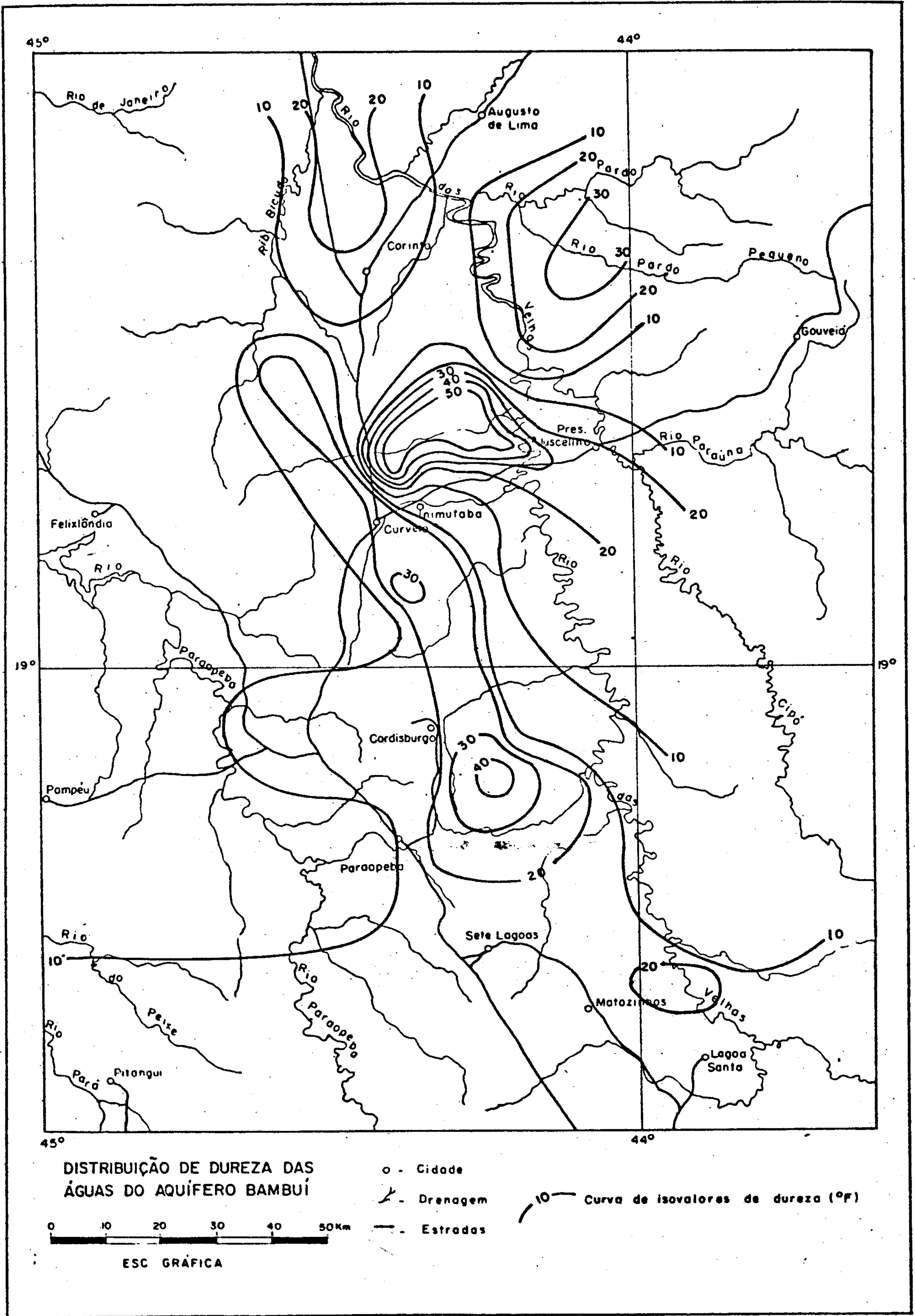


Fig. 7.1

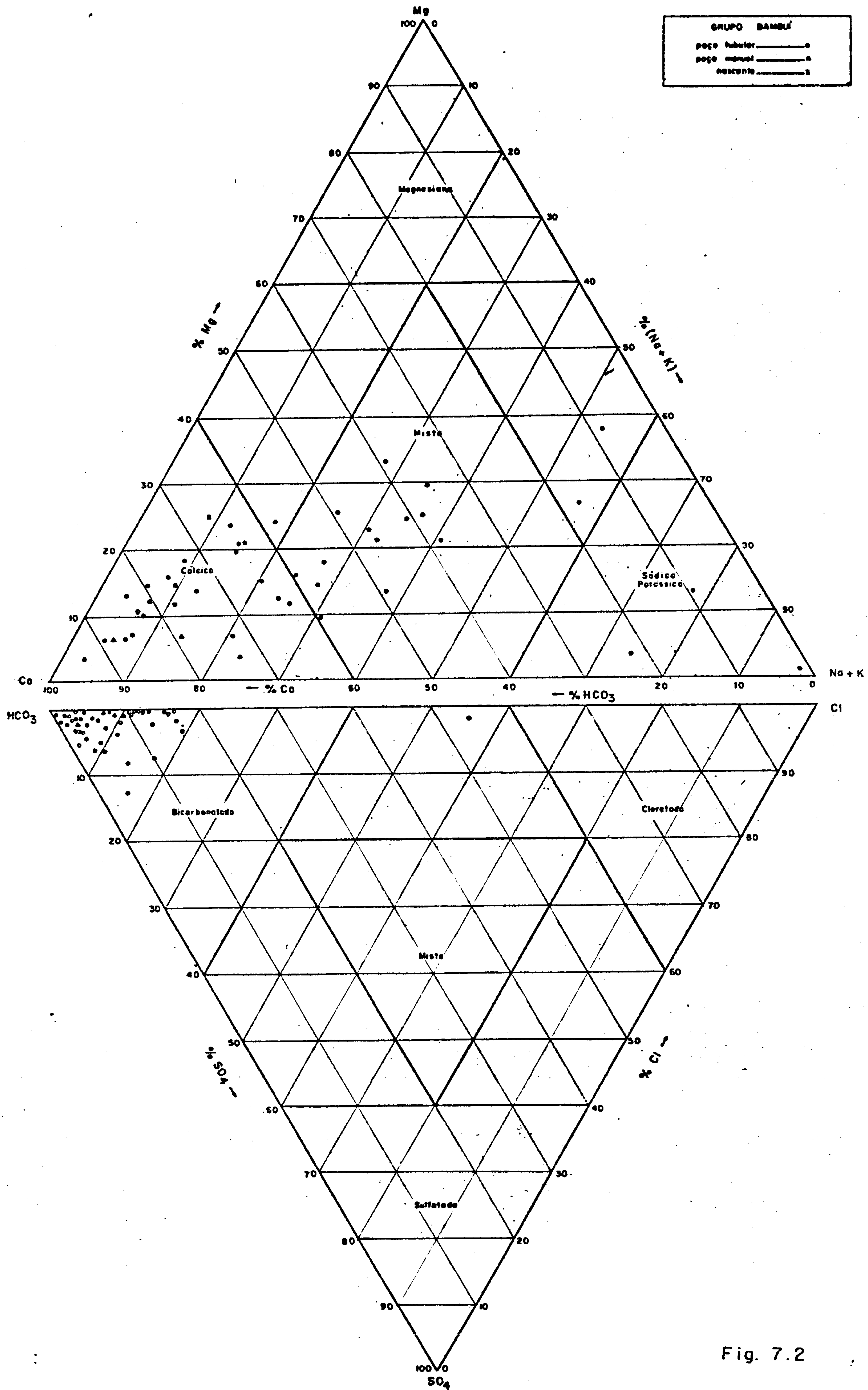


Fig. 7.2

Os grupos ou tipos químicos das águas que ocorrem nas rochas pelíticas do Grupo Bambuí estão relacionados no quadro 7.4, onde constam o número de amostras de cada grupo e subgrupo e a frequência relativa.

Nessas rochas, onde foram determinados apenas dois grupos químicos, predominam as águas bicarbonatadas com 97,8%, seguidas das águas cloretadas bicarbonatadas com apenas 2,2%. Na figura 7.3 é apresentado o mapa de grupos ou tipos químicos das águas amostradas no Grupo Bambuí.

Aquífero Fraturado Bambuí: GRUPOS QUÍMICOS DE ÁGUAS

GRUPOS QUÍMICOS	Nº DE AMOSTRAS	FREQUÊNCIA RELATIVA(%)
ÁGUAS BICARBONATADAS		
a) Bicarbonatada cálcica	25	55,6
b) Bicarbonatada mista	9	20,0
c) Bicarbonatada calco-sódica	5	11,1
d) Bicarbonatada sódica	3	6,7
e) Bicarbonatada calco-magnesiana	1	2,2
f) Bicarbonatada sódio-magnesiana	1	2,2
ÁGUAS CLORETADAS BICARBONATADAS		
a) Cloretada bicarbonatada sódio-magnesiana	1	2,2
TOTAIS	45	100,0

QUADRO : 7.4

Nas figuras 7.4 e 7.5 são apresentados os mapas de isoteores de bicarbonato e de cloreto. Na primeira (bicarbonato) observa-se que os valores mais elevados se concentram numa faixa que vai de Cordisburgo a Contrieira e

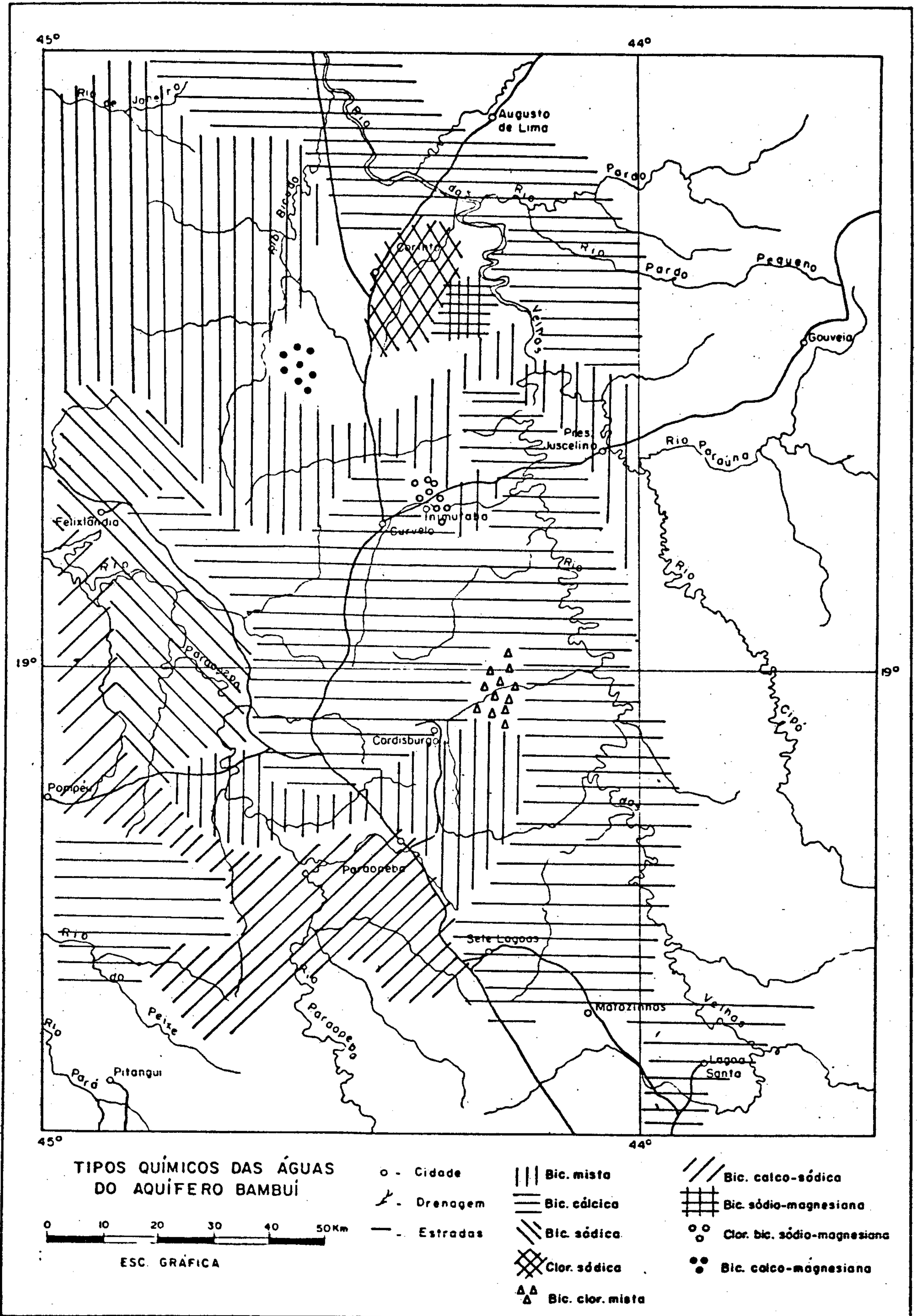


Fig. 7.3

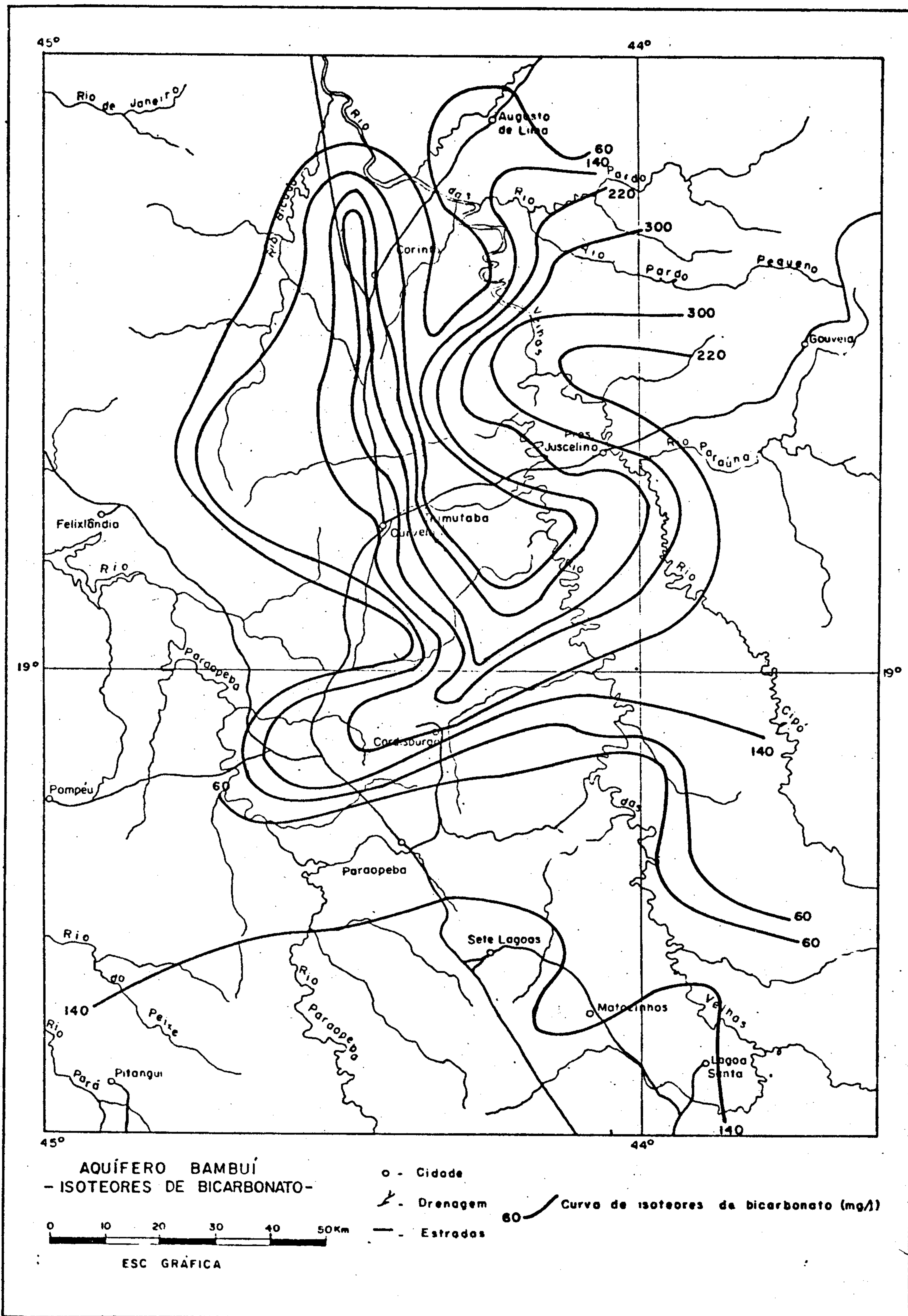


Fig. 7.4

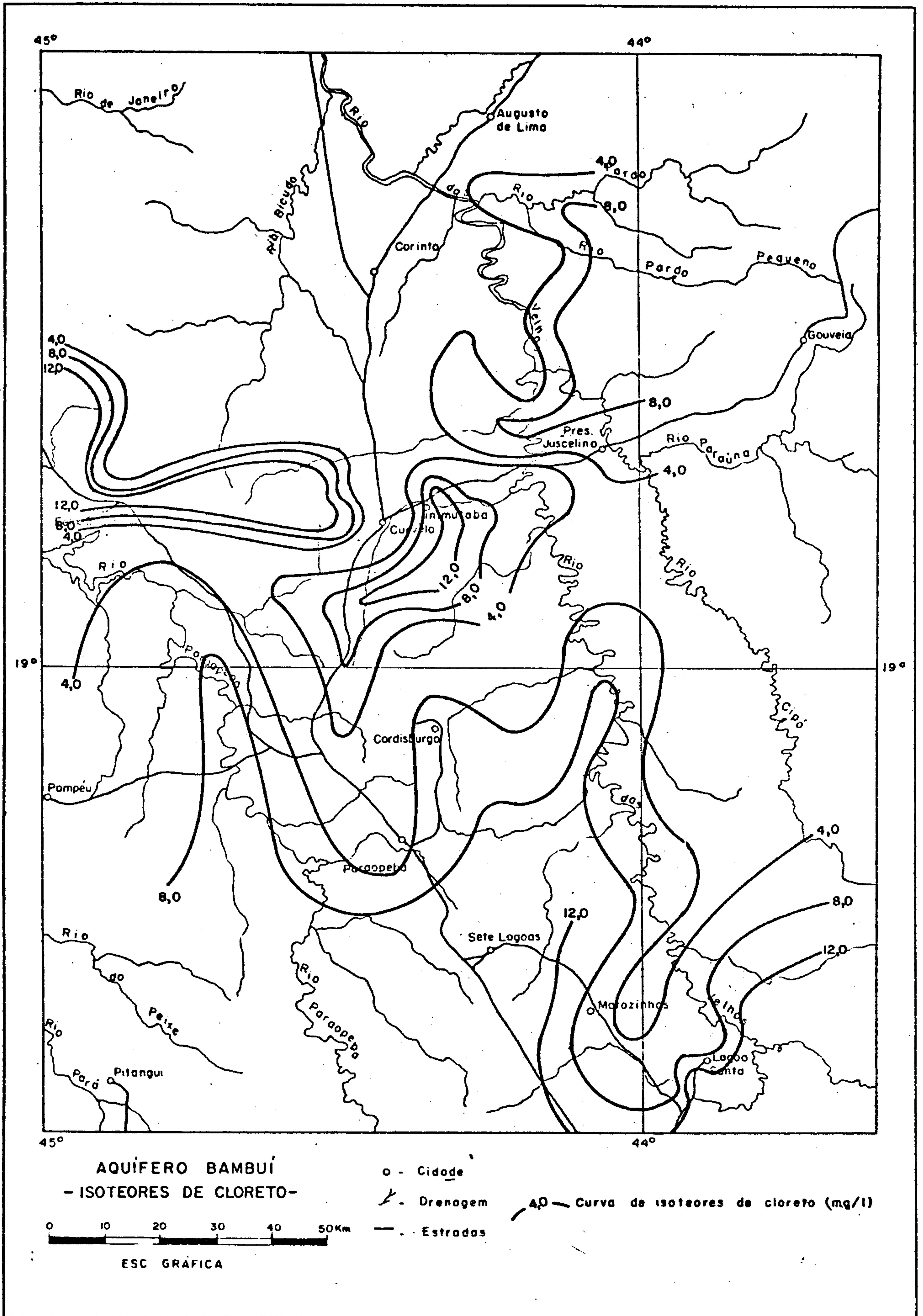


Fig. 7.5

desta faixa para leste. A segunda (cloreto) mostra valores mais elevados na região de Lagoa Santa e na região situada entre BR-040 e proximidades de Presidente Juscelino.

Nas zonas cársticas (9 amostras) as águas são pouco salinizadas, sendo o resíduo seco médio de 198,5 mg/l. Uma análise dos valores desses resíduos mostra que cerca de 56% estão abaixo de 200 mg/l e apenas 11,1% ultrapassam 250 mg/l.

Em relação ao pH, para as zonas cársticas os valores variam de 7,6 a 8,6, sendo, portanto, alcalinas to das as águas amostradas.

A dureza média é de 160,0 mg/l de CaCO_3 ou 16,0°F. Cerca de 11,1% das águas são classificadas como "muito moles" a "moles" e 88,9% variam de "algo duras" a "muito duras" com dureza de 12 a mais de 20°F. As águas que apresentam dureza acima de 20°F podem provocar a deposição de carbonato de cálcio, dando origem a problemas de incrus tação.

Pelo diagrama triangular (fig. 7.6) todas as águas das zonas cársticas são bicarbonatadas cálcicas.

7.2.2 Embasamento Cristalino e Cristalofiliano

As 44 amostras coletadas de pontos do crista lino, apresentam grau de salinidade baixo, com um valor mé dio de resíduo seco de 168,5 mg/l. O quadro 7.5 que mostra a distribuição de frequência dos resíduos secos, indica que 86,4% dos valores não ultrapassam 300 mg/l e apenas 4,5% es tão acima de 500 mg/l.

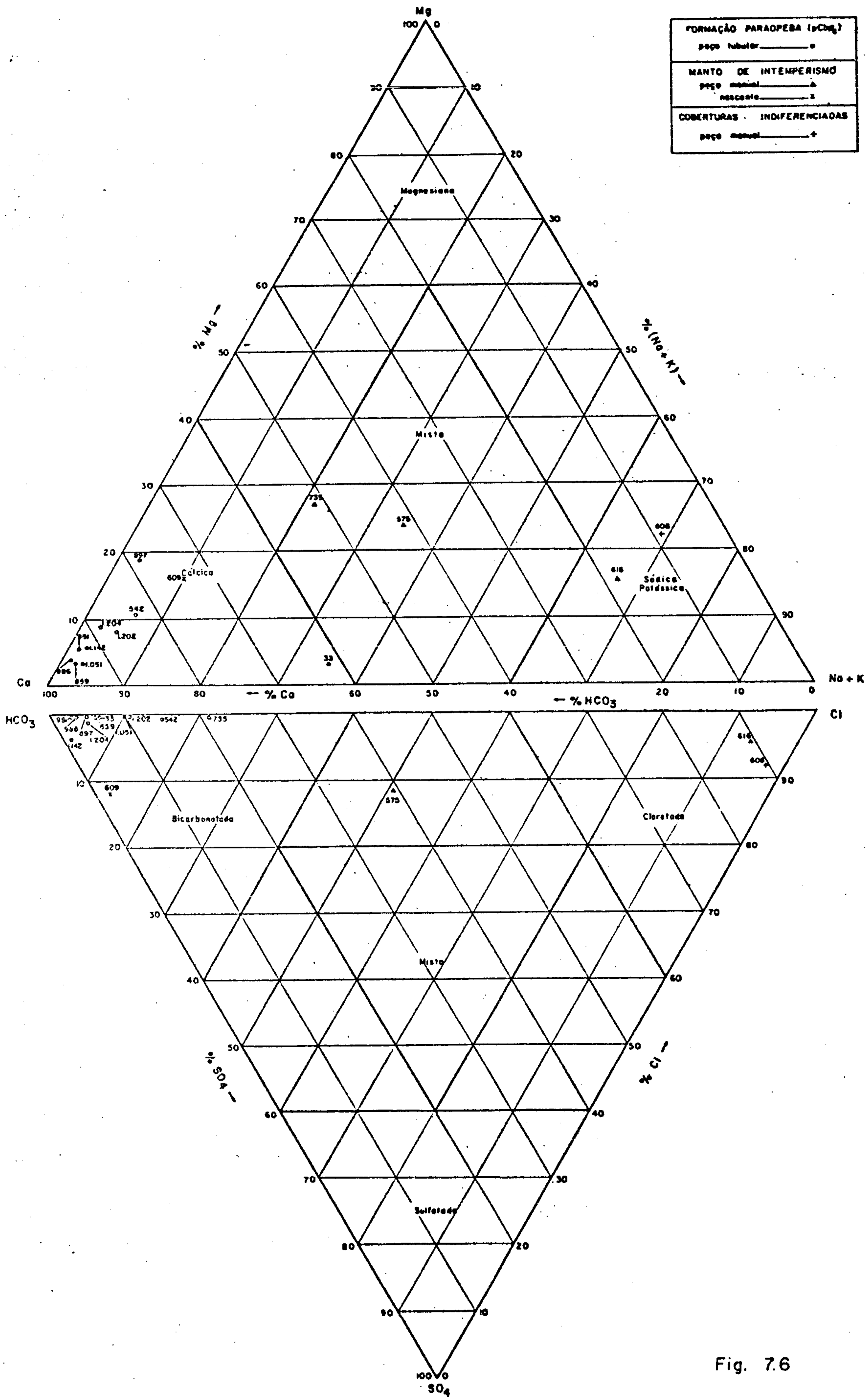


Fig. 7.6

Aquíferos Cristalinos: DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA
DOS RESÍDUOS SECOS

RESÍDUO SECO (mg/l)	Nº DE AMOSTRAS	FREQUÊNCIA	
		RELATIVA(%)	ACUMULADA(%)
0 - 100	15	34,1	34,1
100 - 200	20	45,5	79,6
200 - 300	3	6,8	86,4
300 - 400	3	6,8	93,2
400 - 500	1	2,3	95,5
500	2	4,5	100,0

QUADRO: 7.5

O pH para a área de ocorrência do cristalino indica que as águas dos poços escavados e das nascentes variam de ácidas a alcalinas (5,5 a 8,1), enquanto que as águas dos poços tubulares são aproximadamente neutras com pH variando em torno de 7.

Quanto à dureza o valor médio é de 58,6 mg/l de CaCO₃ ou 5,9° F, sendo que 86,4% das águas foram classificadas como "muito moles" a "moles" e apenas 2,2% excedem os 20° F.

7.2.2.1 Composição Química das Águas

Na determinação dos tipos químicos das águas amostradas no cristalino (fig. 7.7) sete grupos químicos foram identificados, os quais estão indicados no quadro 7.6 com os respectivos sub-grupos, número de amostras e frequência relativa.

De um modo geral, predominam as águas bicarbo

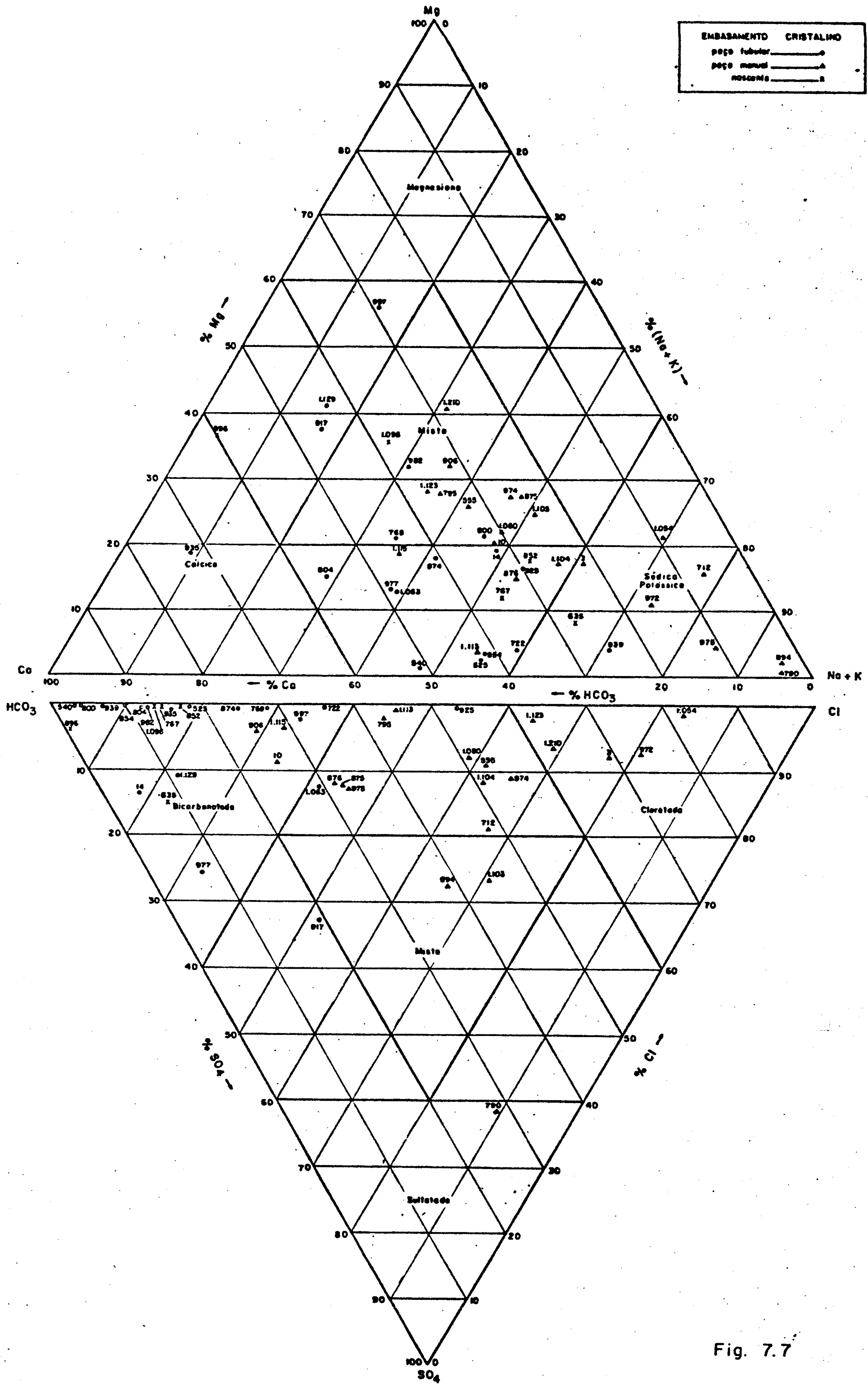


Fig. 7.7

Aquíferos Cristalinos: GRUPOS QUÍMICOS DE ÁGUAS

GRUPOS QUÍMICOS	NÚMERO DE AMOSTRAS	FREQUÊNCIA RELATIVA (%)
ÁGUAS BICARBONATADAS		
a) Bicarbonatada mista	6	13,6
b) Bicarbonatada sódio-cálcica	6	13,6
c) Bicarbonatada calco-sódica	6	13,6
d) Bicarbonatada cálcica	2	4,5
e) Bicarbonatada sódica	1	2,3
f) Bicarbonatada calco-magnésiana	1	2,3
g) Bicarbonatada magneso-cálcica	1	2,3
ÁGUAS BICARBONATADAS CLORETADAS		
a) Bicarbonatada cloretada mista	2	4,5
b) Bicarbonatada cloretada calco-sódica	2	4,5
c) Bicarbonatada cloretada sódica	1	2,3
d) Bicarbonatada cloretada sódio-cálcica	1	2,3
ÁGUAS CLORETADAS BICARBONATADAS		
a) Cloretada bicarbonatada mista	3	6,8
b) Cloretada bicarbonatada sódio-cálcica	2	4,5
c) Cloretada bicarbonatada sódica	1	2,3
ÁGUAS CLORETADAS		
a) Cloretada sódica	3	6,8
b) Cloretada mista	2	4,5
ÁGUAS MISTAS		
a) Mista sódica	1	2,3
b) Mista mista	1	2,3
ÁGUAS BICARBONATADAS SULFATADAS		
a) Bicarbonatada sulfatada calco-magnésiana	1	2,3
ÁGUAS SULFATADAS		
a) Sulfatada sódica	1	2,3
T O T A I S	44	100,0

QUADRO 7.6

natadas com 52,3%, vindo a seguir as bicarbonatadas cloretadas e cloretadas bicarbonatadas com 13,6% cada, e as cloretadas com 11,3%. Os demais grupos determinados são de menor expressão e ocorrem com percentuais inferiores a 3%.

Nos poços tubulares predominam as águas bicarbonatadas, o mesmo acontecendo com as águas de nascentes. Nos poços escavados ocorrem com maior frequência as águas cloretadas, cloretadas bicarbonatadas e bicarbonatadas cloretadas.

7.2.3 Manto de Intemperismo e Coberturas Indiferenciadas

Em virtude do reduzido número de amostras coletadas no manto de intemperismo (4) e nas coberturas indiferenciadas (1), os comentários em relação a hidroquímica serão feitos em conjunto.

O resíduo seco médio é de 231,4 mg/l, com um valor máximo de 292 mg/l. O pH varia de 4,7 a 8,0.

Em relação à dureza, o valor médio é de 83,8 mg/l de CaCO_3 ou 8,4^oF, sendo que 2 amostras são de águas "muito moles" e 3 são águas "moles".

Segundo o diagrama triangular (fig. 7.6) três grupos químicos classificam as águas amostradas no manto de intemperismo e nas coberturas indiferenciadas: bicarbonatadas (cálcica e mista), bicarbonatadas cloretadas (mista) e cloretadas (sódica).

7.3 Qualidade das Águas para Consumo Humano

A qualidade das águas para consumo humano é determinada através do conhecimento de suas características

físicas, químicas e bacteriológicas. No caso em pauta, foram determinadas apenas as características físicas e químicas. O conhecimento das características químicas possibilita determinar a potabilidade que indica se uma determinada água é ou não adequada para o consumo da população.

A potabilidade foi determinada através dos padrões estipulados por Schoeller (1965) (quadro 7.7). Neste método são considerados os constituintes principais das águas Ca, Mg, Na, Cl, SO₄ combinados com o resíduo seco e a dureza (grau hidrométrico) em graus franceses (°F). Os teores são considerados em mg/l. Utilizou-se também o diagrama logarítmico de Schoeller-Berkaloff, que além de Ca, Mg, Na, Cl, SO₄ e dureza (°F), considera também K, HCO₃ e pH. Neste diagrama foram lançadas apenas algumas amostras de cada grupo químico determinado.

PADRÕES DE POTABILIDADE SEGUNDO SCHOELLER

	POTABILIDADE PERMANENTE				POTABILIDADE
	BOA	PASSÁVEL	MEDÍOCRE	MÁ	MOMENTÂNEA
SABOR A 20°C (PESADA, AMARGA, SALGADA, etc)	AGRADÁVEL	FRACAMENTE PERCEPTÍVEL	POUCO PRONUNCIADO	POUCO DESAGRA- DÁVEL 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
Mg/12 + Ca/20	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

- Valores em mg/l

QUADRO 7.7

Em relação ao resíduo seco (quadro 7.7), as águas amostradas no Grupo Bambuí, nas zonas cársticas e no manto de intemperismo e coberturas indiferenciadas apresentam potabilidade permanente boa, sendo que no embasamento

cristalino, do total dos 103 resultados considerados, 40,8% apresentam também potabilidade permanente boa e apenas 1,9% apresentam potabilidade permanente passável.

Quanto ao sódio, ao cloreto e ao sulfato, (quadro 7.7) para todas as litologias consideradas, as águas apresentam potabilidade permanente boa.

A relação $Mg/12 + Ca/20$ (quadro 7.7), para as águas amostradas nas zonas cársticas e no manto de intemperismo e coberturas indiferenciadas apresentam potabilidade permanente boa, porém para as águas do Grupo Bambuí e do embasamento cristalino 37,9% e 41,7%, respectivamente, são também de potabilidade permanente boa e apenas 5,8% no Bambuí e 1,0% no cristalino são de potabilidade permanente passável.

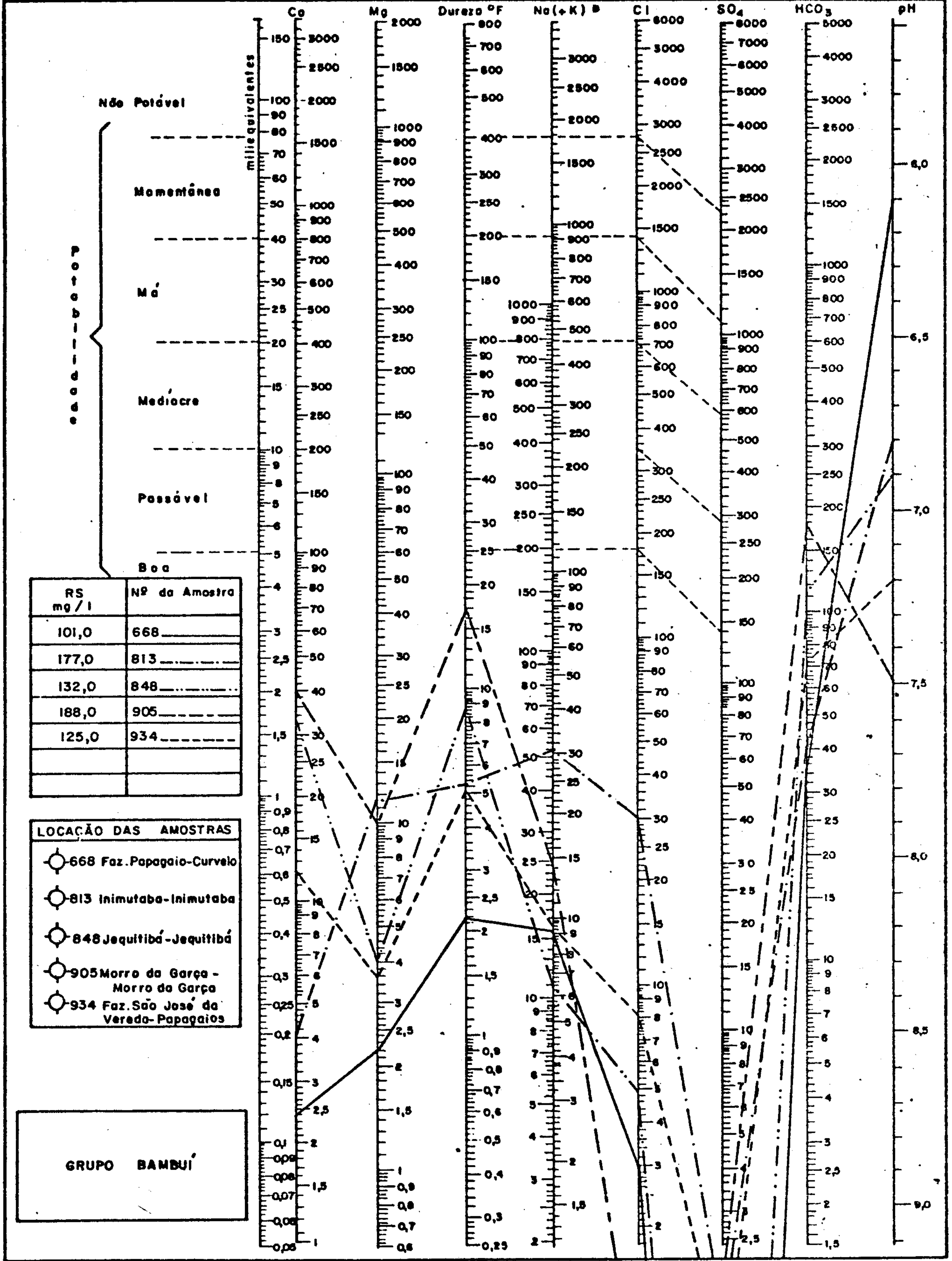
Em relação ao grau hidrométrico (quadro 7.7) as águas, de um modo geral, atendem os padrões internacionais de potabilidade, sendo que 4,9% das águas do Grupo Bambuí apresentam potabilidade apenas passável enquanto 2,9% são classificadas como medíocres.

Nas figuras 7.8 a 7.13 são apresentadas algumas amostras no diagrama de Schoeller-Berkaloff. Verifica-se que a potabilidade varia de boa a passável para o Grupo Bambuí e as zonas cársticas. Para o embasamento cristalino, nas amostras coletadas nos poços escavados, a potabilidade vai de boa a passável e nos poços tubulares a potabilidade é boa. Para as amostras do manto de intemperismo e coberturas indiferenciadas a potabilidade é boa, sendo que para as amostras nºs. 606 e 616 o valor de pH está fora da faixa de potabilidade (Logan, op. cit.).

Pelo exposto, pode-se concluir que, no tocante

DIAGRAMA DE ANALISE D'AGUA

TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO

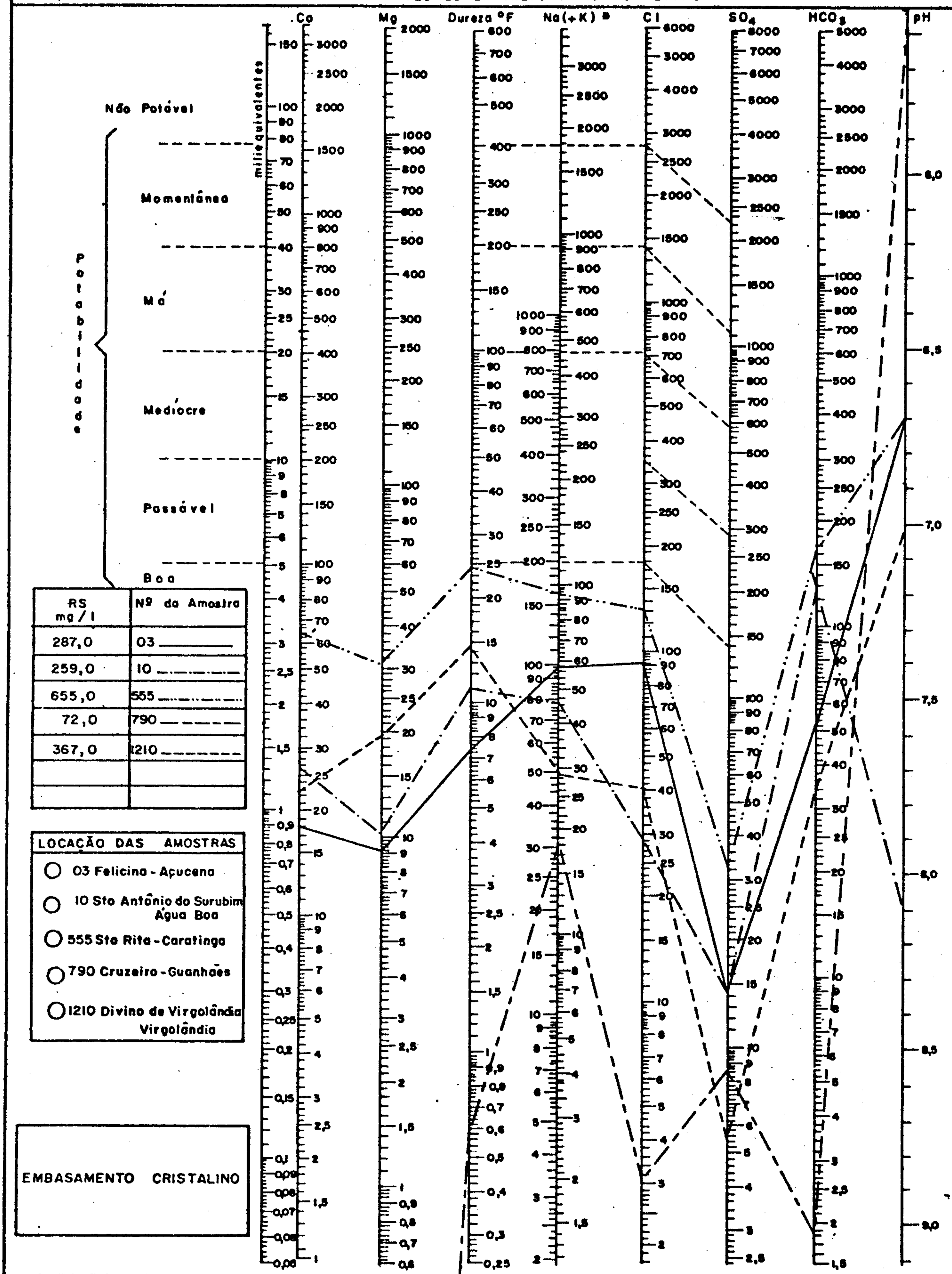


Na (+K) transformar K em equivalente Na e somar

Fig. 7.8

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA

TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO



RS mg/l	Nº da Amostra
287,0	03
259,0	10
655,0	555
72,0	790
367,0	1210

- LOCAÇÃO DAS AMOSTRAS**
- 03 Felicina - Apucena
 - 10 Sto Antônio do Surubim - Água Boa
 - 555 Ste Rita - Caratinga
 - 790 Cruzeiro - Guanhaes
 - 1210 Divino de Virgolândia - Virgolândia

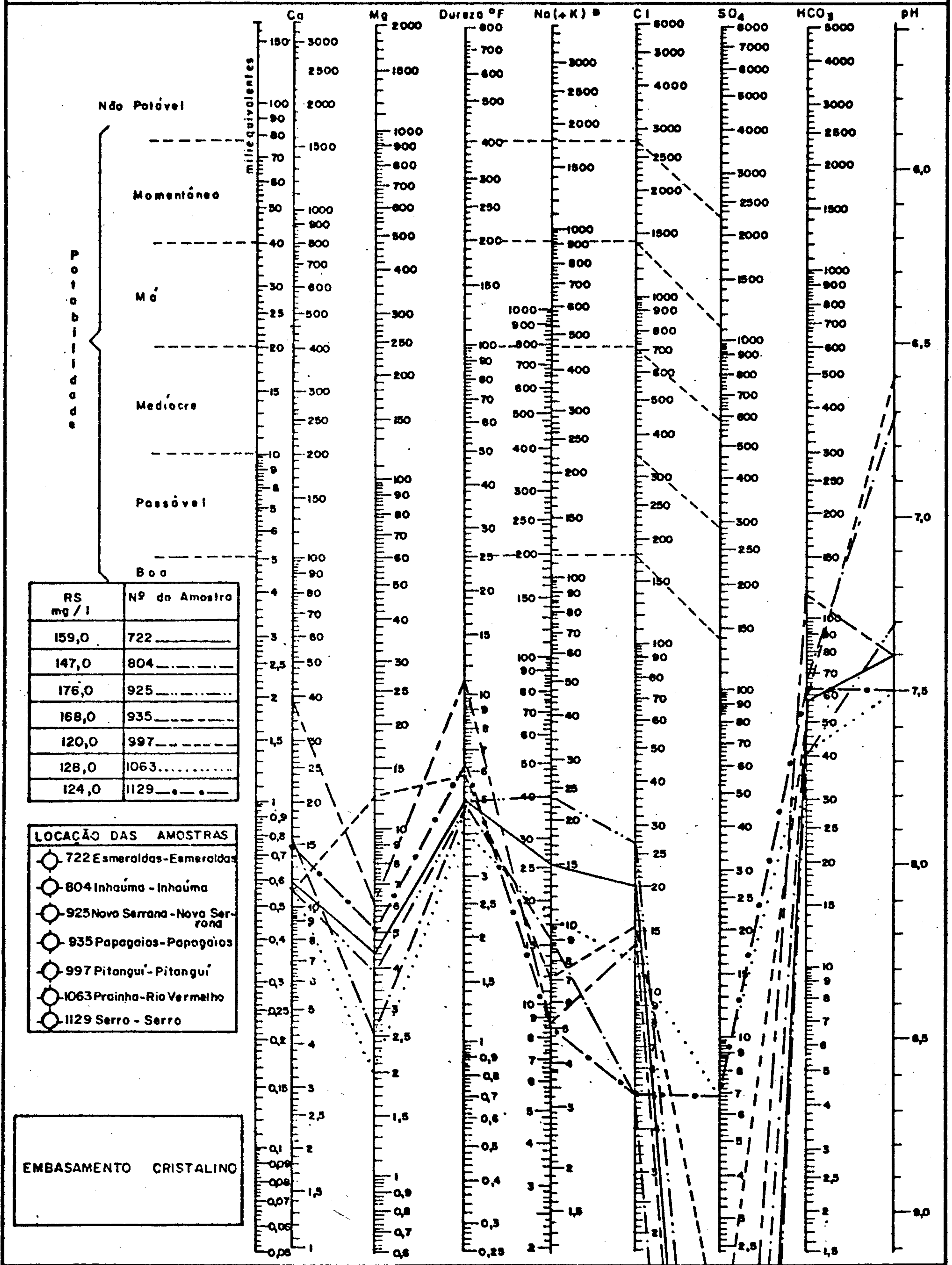
EMBASAMENTO CRISTALINO

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

Fig. 7.9

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA

TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO



RS mg/l	Nº da Amostra
159,0	722
147,0	804
176,0	925
168,0	935
120,0	997
128,0	1063
124,0	1129

- LOCAÇÃO DAS AMOSTRAS**
- 722 Esmeraldas-Esmeraldas
 - 804 Inhaúma - Inhaúma
 - 925 Nova Serrana - Nova Serrana
 - 935 Papagaios - Papagaios
 - 997 Pitangui - Pitangui
 - 1063 Prainha - Rio Vermelho
 - 1129 Serro - Serro

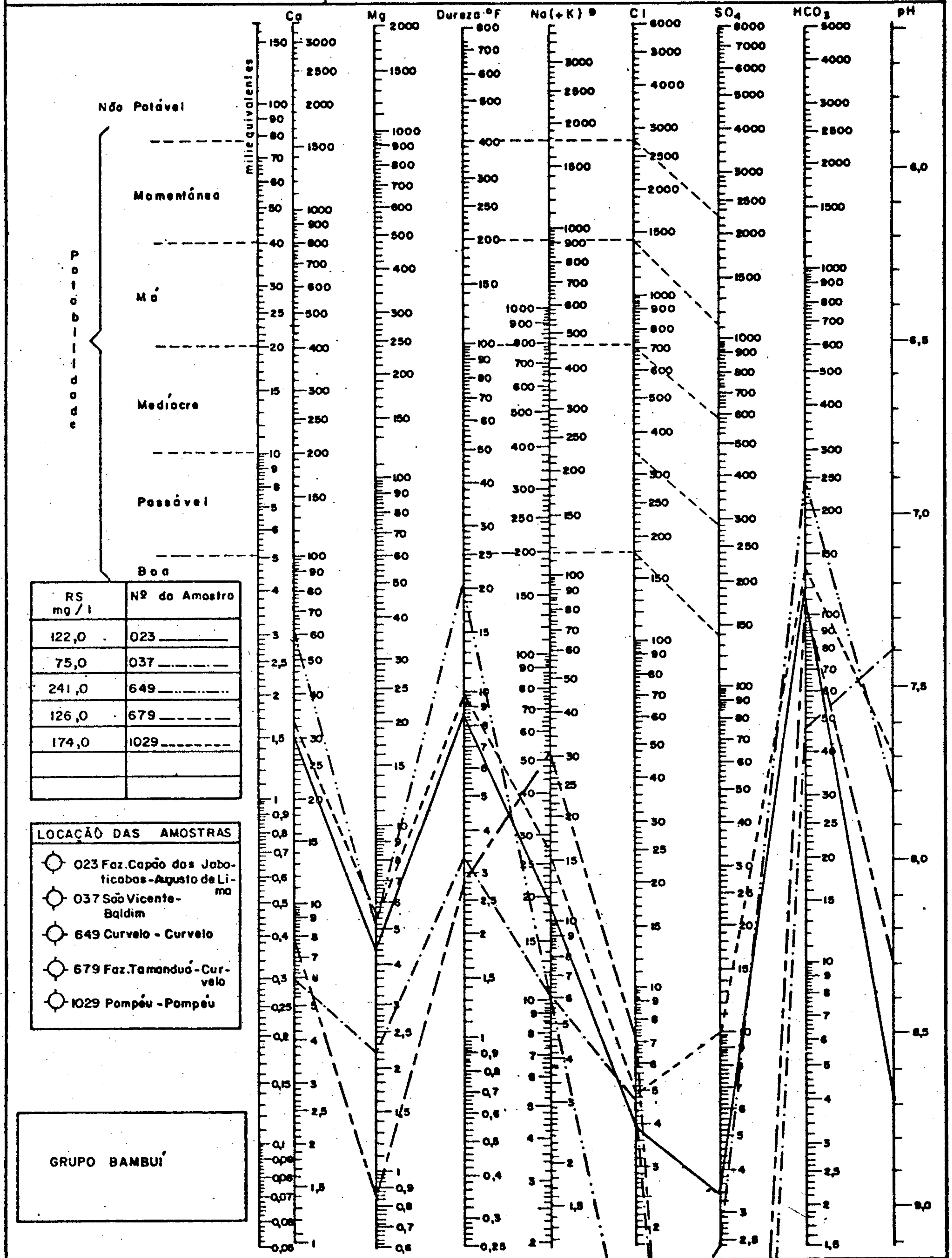
EMBASAMENTO CRISTALINO

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

Fig. 7.10

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA

TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO

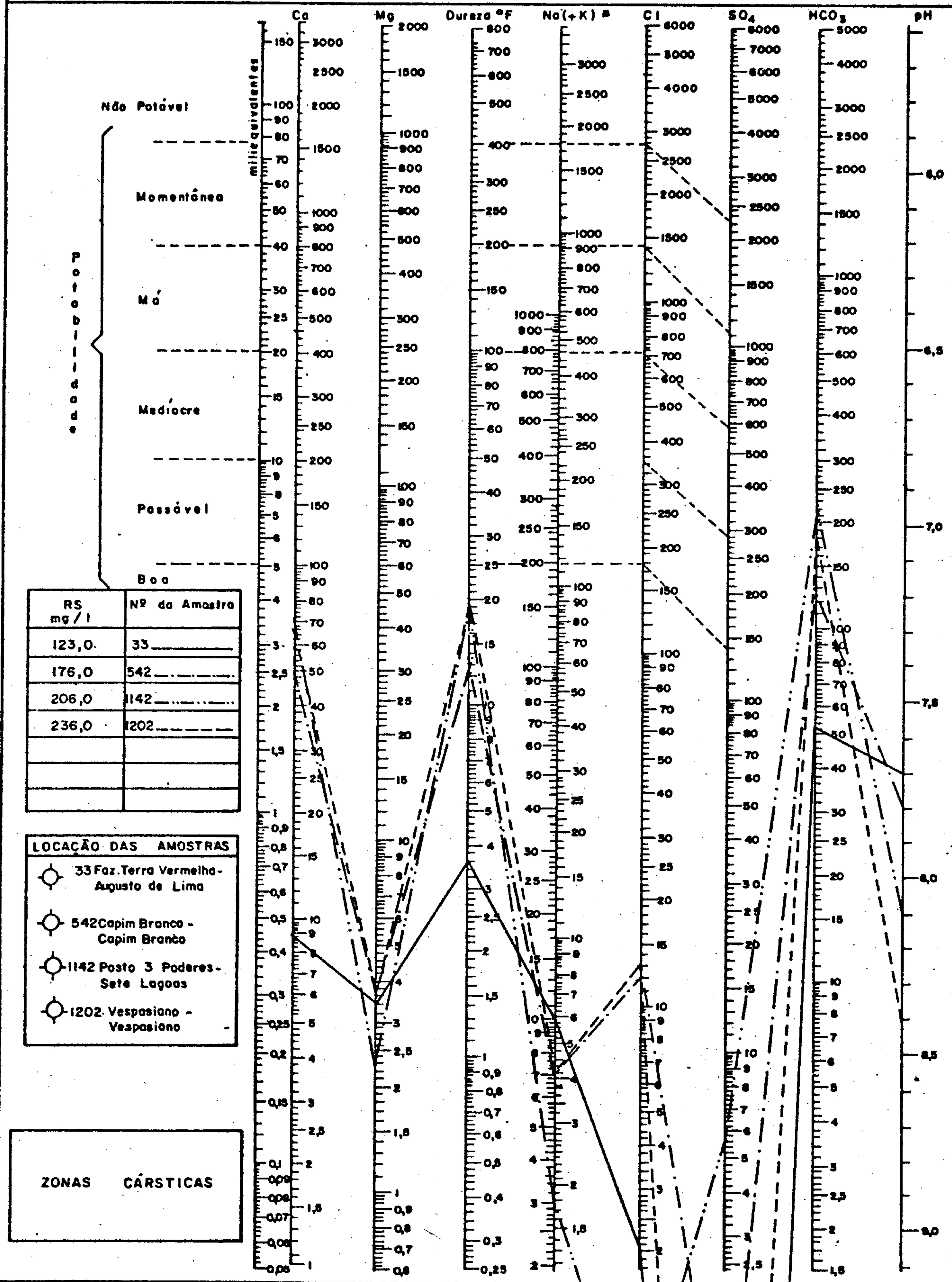


Na (+K) transformar K em equivalente Na e somar

Fig. 7.11

DIAGRAMA DE ANALISE D'AGUA

TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO



RS mg/l	Nº da Amostra
123,0	33
176,0	542
206,0	1142
236,0	1202

- LOCAÇÃO DAS AMOSTRAS**
- 33 Faz. Terra Vermelha - Augusto de Lima
 - 542 Capim Branco - Capim Branco
 - 1142 Posto 3 Poderes - Sete Lagoas
 - 1202 Vespasiano - Vespasiano

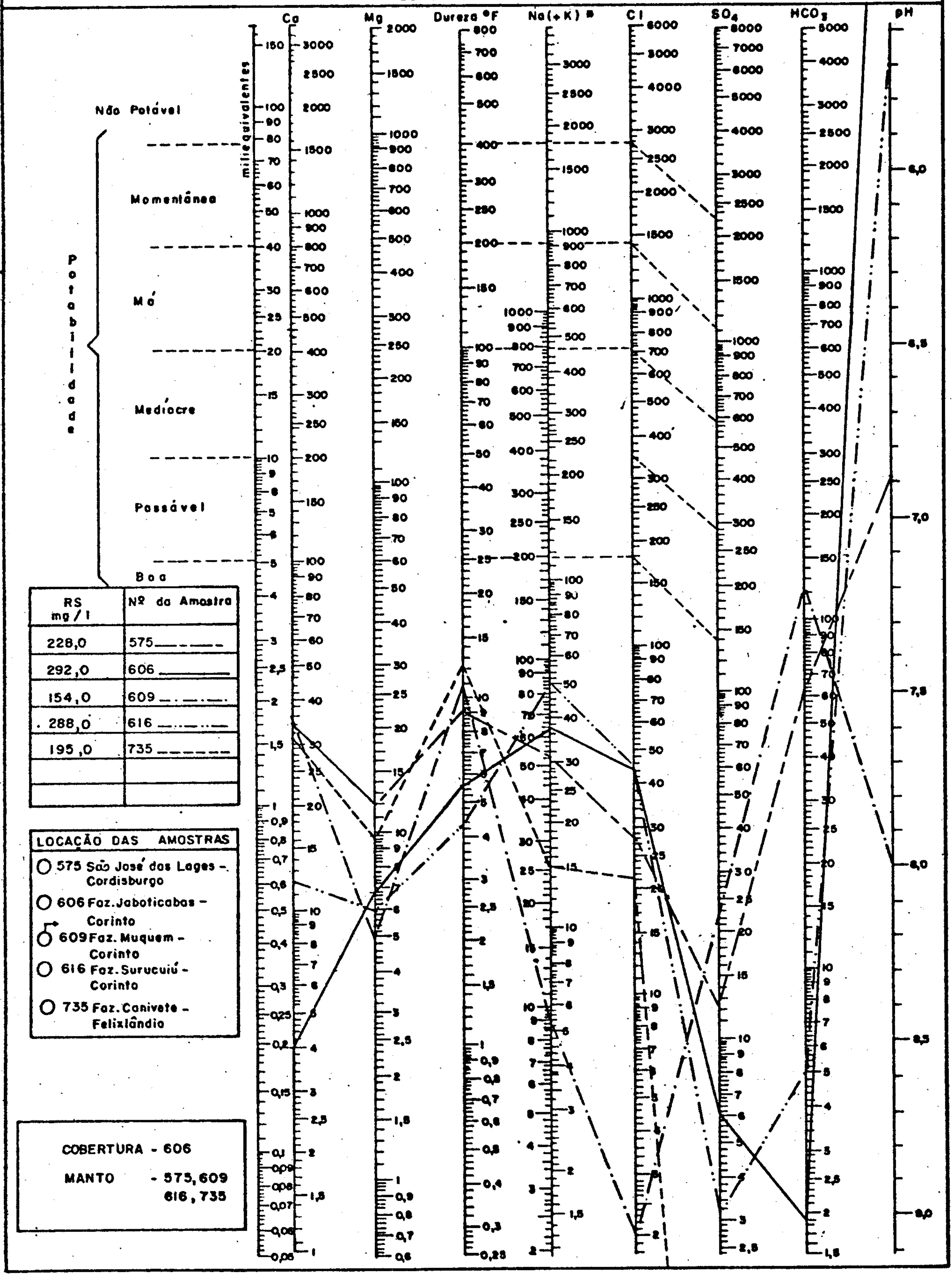
ZONAS CÁRSTICAS

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

Fig. 7.12

DIAGRAMA DE ANÁLISE D'ÁGUA

TEORES EM MILIGRAMAS POR LITRO



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

Fig. 7.13

te a potabilidade, as águas amostradas na área de estudo, salvo raras excessões não apresentam restrições para o consumo humano.

7.3.1 Qualidade das Águas para Consumo Animal

Para os animais, os limites de potabilidade são bem mais amplos e se baseiam apenas nos valores de resíduo seco. Na tabela 7.1, que é utilizada na Austrália Ocidental (Leal, 1970), são apresentados esses limites:

LIMITES DE POTABILIDADE PARA ANIMAIS

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

Tabela : 7.1

De acordo com esta tabela, os valores de resíduo seco obtidos para as águas amostradas atendem perfeitamente aos padrões da mesma, não existindo portanto restrições quanto ao consumo animal.

7.4 Qualidade das Águas para Irrigação

A qualidade das águas para fins de irrigação foi determinada de acordo com a classificação americana do "U.S. Salinity Laboratory". Esta classificação, se baseia em um gráfico semi-logarítmico onde são colocados em abscis

sas os valores da condutividade elétrica em micromhos/cm a 25°C e em ordenadas a razão de adsorção de sódio (SAR) que é calculada, conhecidos os teores em meq/l de Na, Ca e Mg, através da seguinte expressão:

$$SAR = \frac{r \cdot Na}{\sqrt{\frac{1}{2} (rCa + rMg)}}$$

Os tipos de água são definidos para os determinados tipos de solo e culturas que se pretende irrigar.

7.4.1 Classificação das Águas para irrigação

Para a área de estudo, os tipos definidos em função da condutividade elétrica e da razão de adsorção de sódio, são os seguintes:

a) C₀ - S₁ - Compreende águas de salinidade fraquíssima, pobres em sódio, e podem ser utilizadas sem restrição para a irrigação. Riscos de aparecimento de teores de sódio passíveis de troca são mínimos.

b) C₁ - S₁ - Abrange as águas de salinidade fraca que possuem condutividade entre 100 e 250 micromhos/cm a 25°C (resíduo seco entre 64 e 160 mg/l) e são fracamente sódicas. Pode ser usada para irrigação na maioria das culturas em quase todo tipo de solo com poucas possibilidades de incidentes de salinização exceto no caso de ser um solo de permeabilidade muito fraca. Riscos de aparição de teores nocivos de sódio susceptível de troca são mínimos.

c) C₂ - S₁ - Define as águas de salinidade média, condutividade entre 250 e 750 micromhos/cm a 25°C (resíduo seco entre 160 e 480 mg/l) e também fracamente sódicas. Sua utilização na irrigação está condicionada à lixiviação moderada do

solo podendo ser empregada mesmo para o caso de plantas de fraca tolerância salina. Riscos de sódio são mínimos, tal como no item b.

d) $C_2 - S_3$ - Compreende águas de salinidade média, condutividade entre 250 e 750 micromhos/cm a 25°C (resíduo seco entre 160 e 480 mg/l) e são altamente sódicas. Podem ser utilizadas em solos de lixiviação moderada sem perigo mesmo para plantas de fraca tolerância salina. Riscos de teores nocivos de sódio são possíveis de ocorrer na maioria dos solos, exceto em solos gipsíferos. Exigem cuidados especiais para o solo: boa drenagem, lixiviação e presença de matéria orgânica.

e) $C_3 - S_1$ - Abrange águas de alta salinidade, condutividade entre 750 e 2.250 micromhos/cm a 25°C (resíduo seco entre 480 e 1.440 mg/l) e fracamente sódicas. Sua utilização se restringe aos solos com bom sistema de drenagem; mesmo assim devem ser tomados cuidados especiais de defesa contra a salinidade e apenas as plantas de boa tolerância salina devem ser cultivadas. Quanto ao risco do aparecimento de teores nocivos de sódio susceptível de troca é bastante remoto.

As 102 amostras plotadas em 3 gráficos do SAR relativos às rochas pelíticas do Grupo Bambuí (fig. 7.14), às zonas cársticas, manto de intemperismo e coberturas indiferenciadas (fig. 7.15) e ao embasamento cristalino (fig. 7.16) não apresentam restrições quanto ao seu emprego na irrigação, exceto para 1,9% das águas do embasamento cristalino classificadas como pertencentes ao tipo $C_3 - S_1$ e também para 1,0% das águas do Grupo Bambuí classificadas como sendo do tipo $C_2 - S_3$. No quadro 7.8 estão relacionadas os tipos de águas para irrigação ocorrentes na área, com os respectivos números de amostras e percentuais para cada

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

Concentração total de cátions em miliequivalentes por litro

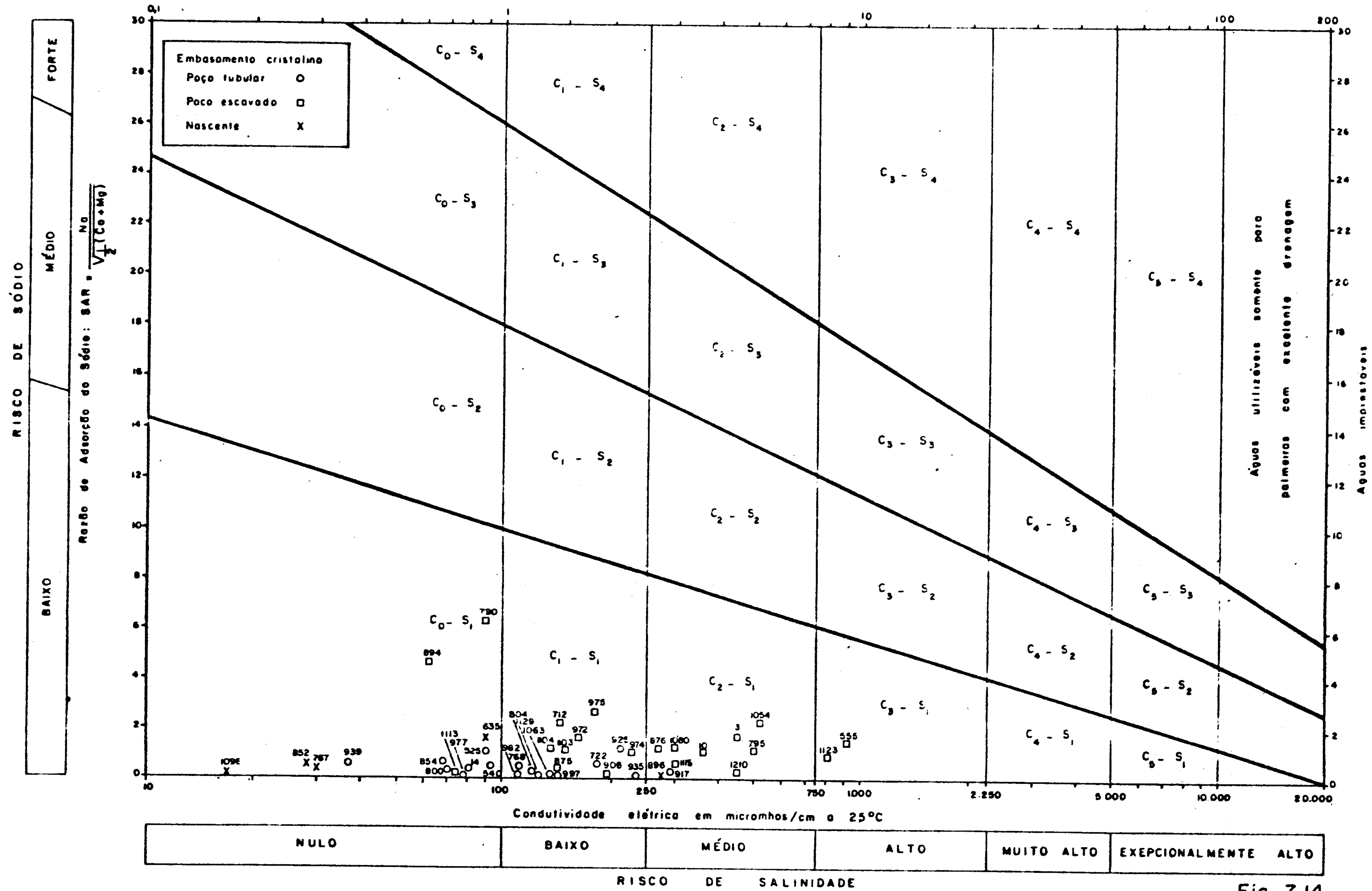


Fig. 7.14

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

Concentração total de cátions em miliequivalentes por litro

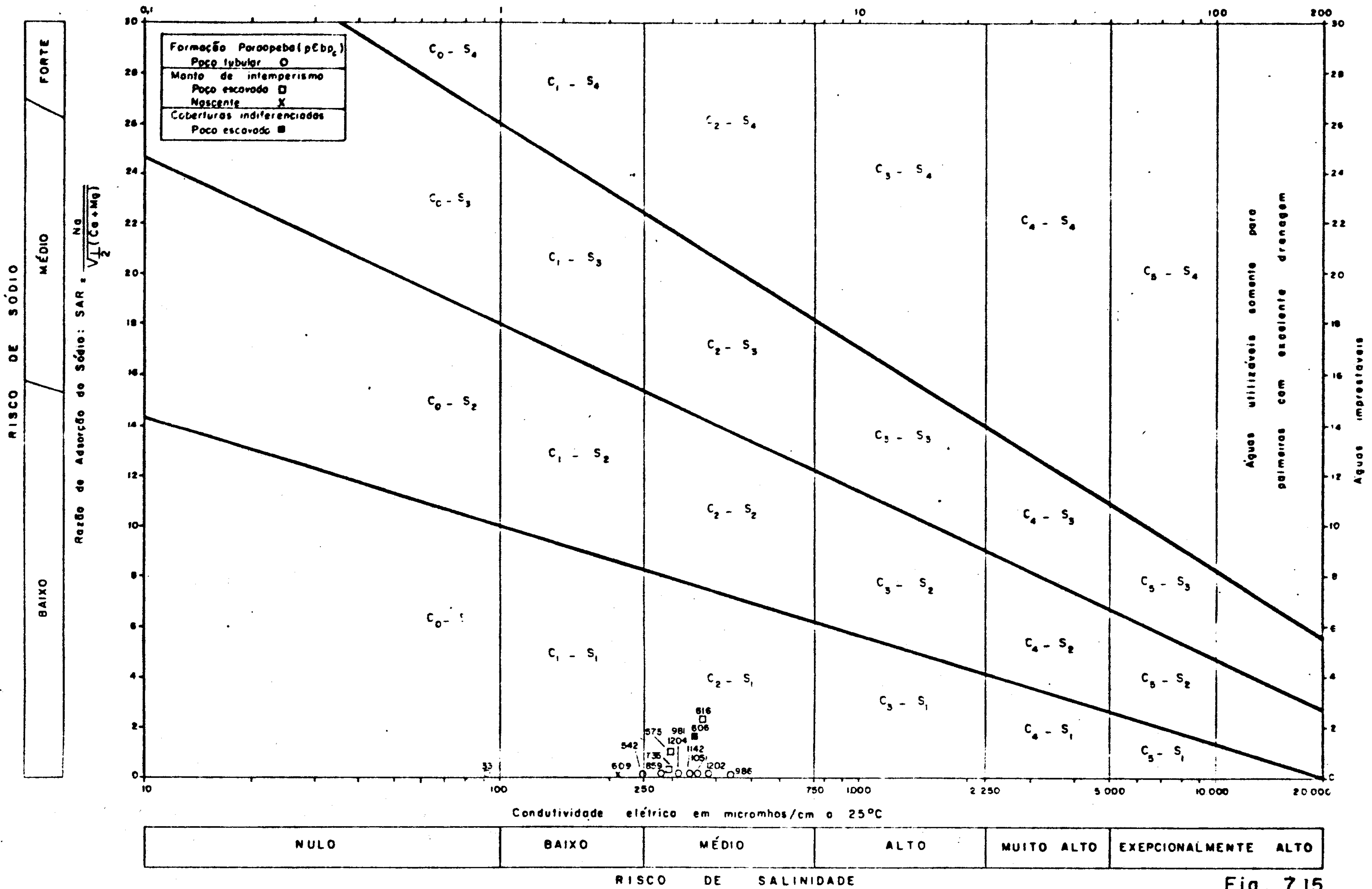
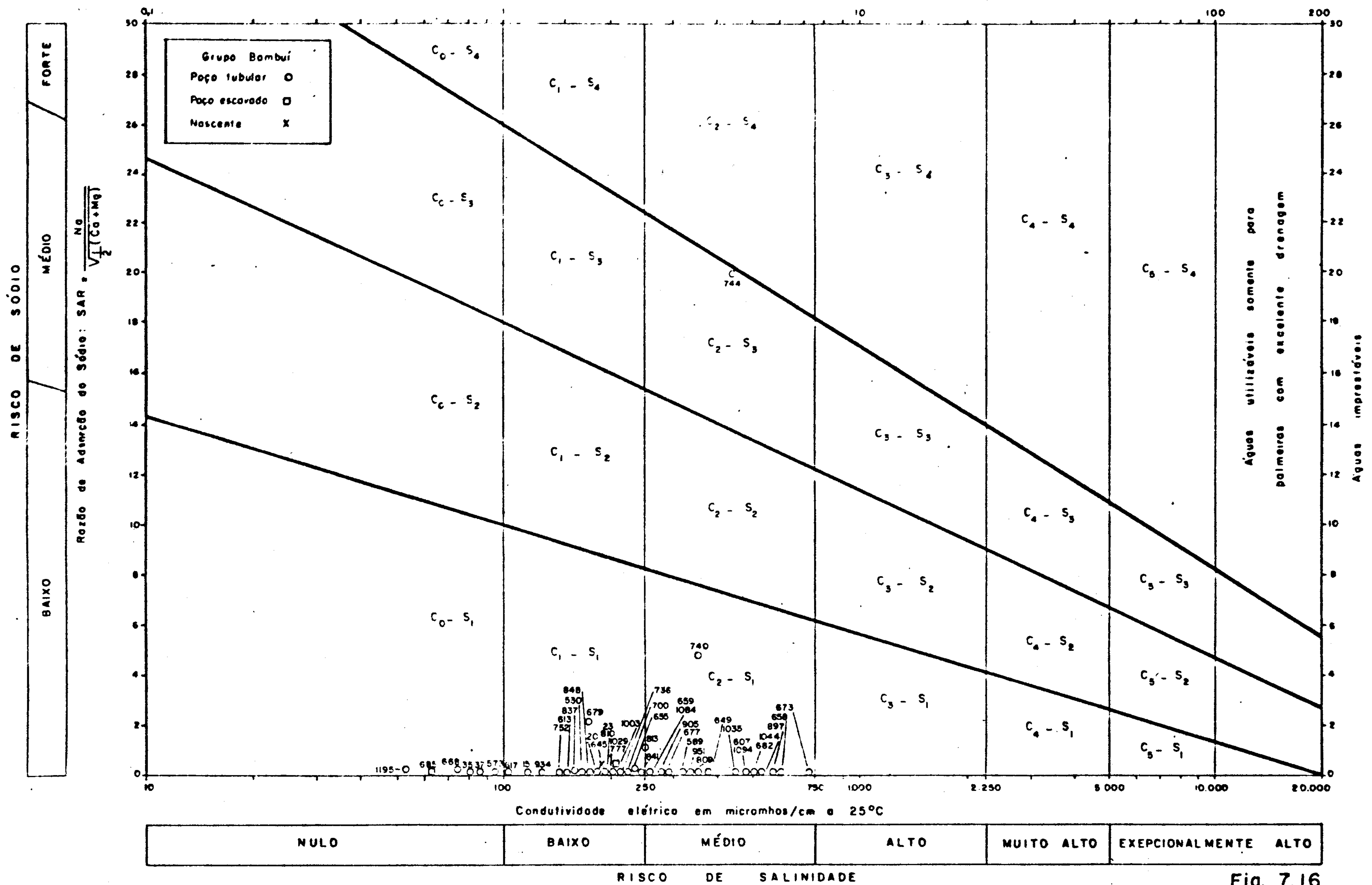


Fig. 7.15

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

Concentração total de cátions em miliequivalentes por litro



litologia considerada.

DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DOS TIPOS DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

LITOLOGIA TIPOS	GRUPO BAMBUÍ (ROCHAS PELÍTICAS)		ZONAS CÁRSTICAS (ROCHAS CARBONÁTICAS)		EMBASAMENTO CRISTALINO		MANTO DE INTEMP./COB. INDIFERENCIADAS	
	NUMERO DE AMOSTRAS	%	NUMERO DE AMOSTRAS	%	NUMERO DE AMOSTRAS	%	NUMERO DE AMOSTRAS	%
$C_0 - S_1$	6	5,9	1	1,0	14	13,7	-	-
$C_1 - S_1$	20	19,6	-	-	17	16,7	1	1,0
$C_2 - S_1$	17	16,7	7	6,8	10	9,8	4	3,9
$C_2 - S_3$	1	1,0	-	-	-	-	-	-
$C_3 - S_1$	-	-	-	-	2	1,9	-	-
$C_1 - S_1 / C_2 - S_1$	1	1,0	1	1,0	-	-	-	-

QUADRO 7.8

No Grupo Bambuí predominam, pela ordem, as águas dos tipos $C_1 - S_1$ e $C_2 - S_1$; para as zonas cársticas a frequência maior é para as águas do tipo $C_2 - S_1$. No embasamento cristalino são mais frequentes as águas do tipo $C_1 - S_1$ seguido dos tipos $C_0 - S_1$ e $C_2 - S_1$ e, finalmente, para o manto de intemperismo e coberturas indiferenciadas, predominam as águas do tipo $C_2 - S_1$.

8. CONDIÇÕES DE EXPLORAÇÃO E DEMANDA

8.1 Possibilidades de Exploração

O aproveitamento das reservas de água subter_{ter}ânea de uma determinada região está condicionado a uma série de fatores econômicos, técnicos e científicos dentre os quais sobressaem os de natureza hidrogeológica seguin_{tes}:

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

8.1.1 Profundidade de Captação

A profundidade de captação das águas subter_{ter}âneas nos aquíferos fissurados através de poços profundos, está subordinada ao desenvolvimento das juntas e fraturas em profundidade.

Nos aquíferos constituídos pelas rochas do embasamento cristalino as fraturas, de um modo geral, não atingem grandes profundidades. No histograma da fig. 6.1-D observa-se que 86,7% das entradas d'água não ultrapassam os 70 metros, ocorrendo maior concentração de valores no intervalo de 30 a 40 metros. Embora nos terrenos cristali_{nos} do Nordeste a possibilidade de uma perfuração captar uma fenda além dos 60 metros seja de apenas 10% (Leal, 1969 e 1971), na área em apreço, devido às características tectô_{nicas} apresentadas, é provável que a profundidade limite pa_{ra} as entradas d'água esteja em torno dos 100 metros. Toman

do por base a profundidade útil média encontrada para os poços catalogados no embasamento cristalino (68,12 metros) e levando em conta as considerações anteriores, aconselha-se uma profundidade máxima de captação da ordem de 80 metros.

Para o caso do aquífero constituído pelas rochas pelíticas do Grupo Bambuí os trabalhos existentes sobre o assunto mostram que as fraturas, de um modo geral, raramente ultrapassam a profundidade de 100 metros, pois a partir dessa profundidade se tornam muito raras e fechadas impossibilitando a circulação e o armazenamento de quantidade apreciável de água. Este fato pode ser comprovado através da análise da figura 6.2-D que mostra para um total de 94 entradas d'água relativas a 40 poços, 85,1 % não ultrapassando 75 metros e apenas 8,5 % sendo superiores a 90 metros. Assim, para efeito de captação das águas subterâneas desse aquífero, a profundidade máxima estará por volta de 100 metros. Para profundidade superiores a essa, as probabilidades dos poços interceptarem fendas com água diminuem bastante; além disso, as fraturas que por acaso existirem além de 100 metros são pouco produtivas.

No caso do aquífero cárstico, a profundidade de captação na área pode ser estipulada em torno de 100 metros devido ao fato de que a profundidade útil média determinada foi de 57,11 metros e que para um total de 22 entradas d'água em 8 poços, 95,5 % dos valores não ultrapassam os 100 metros.

Para os aquíferos granulares, que na área são representados pelo manto de intemperismo, pelas coberturas indiferenciadas e pelas aluviões, a profundidade de capta

ção é atingida sem maiores problemas e está condicionada à espessura local dos sedimentos que pode atingir, no máximo, 30 metros e às necessidades de água.

8.1.2 Profundidade dos níveis d'água

As profundidades dos níveis estáticos obtidos a partir das fichas dos poços e de medidas efetuadas durante os trabalhos de campo estão representadas no catálogo geral de pontos d'água (anexo III).

Nos aquíferos fraturados os níveis estáticos estão sujeitos ao controle da topografia e ao arcabouço estrutural formado pelas juntas e fraturas. Para o caso dos aquíferos definidos pelas rochas cristalinas e cristalofílicas o nível estático médio é de 8,13 metros com um máximo de 59,00 metros (quadro 6.1). O aquífero Bambuí apresenta um nível estático médio de 12,69 metros e mais da metade dos valores (54,5%) não ultrapassa os 10 metros como se pode verificar nas regiões de Baldim, Corinto, Curvelo, Felixlândia, Jequitibá, Paraopeba, Pompeú, Caetanópolis e outras; valores superiores a 40 metros foram verificados a NW de Cordisburgo, em São José da Lagoa (Sul de Curvelo), a NW de Corinto (Fazs. das Canoas e Lameirão) e em um dos poços da Faz. do Alegre, município de Funilândia.

Nos aquíferos cársticos a média dos níveis estáticos é de 13,07 metros e cerca de 50 % dos valores são inferiores à média, sendo raros os valores superiores a 40 metros. Os valores inferiores à média ocorrem na região de Sete Lagoas - Lagoa Santa e aqueles superiores a 40 metros foram constatados ao sul de Augusto de Lima e a oeste de Sete Lagoas.

Para os aquíferos granulares, explorados na área através de poços escavados, o nível estático médio é de 9,31 metros e aproximadamente 50 % dos valores são inferiores à média.

8.1.3 Capacidade de produção dos poços

Quando se refere à capacidade de produção dos poços deve-se observar que esta depende da transmissibilidade do aquífero e das características de construção dos mesmos.

No aquífero Bambuí foram obtidos para a transmissibilidade valores que variam de $1,03 \cdot 10^{-4}$ a $1,48 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ com um valor médio de $0,56 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Para os aquíferos cársticos, cálculos efetuados na folha Belo Horizonte-SO forneceram o valor médio de $5,45 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ para a transmissibilidade.

Nos aquíferos granulares não foram determinadas as características hidrodinâmicas pelo fato de não existirem poços tubulares perfurados nesse sistema aquífero na área.

As vazões obtidas para 609 dos poços cadastrados no embasamento cristalino foram reunidas em 2 conjuntos (cf. item 6.3.1.4) que indicam, para o primeiro, composto de 590 valores, uma vazão média de $9,68 \text{ m}^3/\text{h}$ e para o segundo, com 19 poços o valor médio obtido para a vazão foi de $224,74 \text{ m}^3/\text{h}$ para poços perfurados na Associação Barbacena/Paraíba do Sul, em áreas anômalas nas margens do rio Piracicaba destinados ao abastecimento das cidades de Ipatinga, Coronel Fabriciano e Timóteo. Para o aquífero

BambuÍ, em 153 poços a vazão média determinada foi de 16,80 m³/h. Os valores de vazão específica mais elevados foram obtidos nas áreas anômalas do embasamento cristalino com uma média de 133,67 m³/h/m para um rebaixamento médio de 3,71 metros. Para o restante dos terrenos cristalinos o valor médio obtido foi de 0,52 m³/h/m para um rebaixamento médio de 32,47 metros. No aquífero Bambuí não cárstico a vazão específica média é da ordem de 4,00 m³/h/m para um rebaixamento médio de 21,38 metros.

Para os aquíferos cársticos, a vazão média determinada a partir de 67 valores conhecidos é de 25,78 m³/h, com uma vazão mínima de 1,20 m³/h e máxima de 102,00 m³/h. A vazão específica média obtida, para um rebaixamento médio de 16,43 m, foi de 7,17 m³/h/m.

8.1.4 Qualidade Química das Águas

No que diz respeito a qualidade química das águas, reportando-se ao capítulo 7 verifica-se que até a profundidade investigada as águas, de um modo geral, não apresentam restrições quanto à sua utilização seja para o consumo humano, animal ou na irrigação.

8.2 Zonas mais Favoráveis para Exploração

As considerações e critérios apresentados nos itens anteriores possibilitam, de certo modo, fazer uma escolha das zonas mais favoráveis para a exploração dos depósitos hídricos subterrâneos da área.

8.2.1 Aquíferos Fraturados

Uma investigação minuciosa das zonas mais favoráveis desses aquíferos para a captação de água subterrânea não foi possível em razão das condições peculiares de armazenamento no meio fissurado, do caráter regional dos estudos em pauta e da extensão da área. As seguintes observações a nível regional, podem ser feitas:

- No que diz respeito às rochas pelíticas do Grupo Bambuí as zonas mais favoráveis são aquelas onde houve uma movimentação tectônica maior dando origem a dobras, falhas e sistemas de fraturas bem desenvolvidos. Nestas zonas os poços com capacidades específicas mais elevadas estão subordinados a esses aspectos estruturais e sua localização é nas cotas mais baixas da topografia regional. As áreas onde o manto de intemperismo é espesso, devem ser descartadas na escolha de locais para perfuração de poços pois o manto, dado o seu caráter essencialmente argiloso, apresenta baixa transmissibilidade. Independente disto, comprovando a heterogeneidade do aquífero, poços perfurados nas cidades de Cordisburgo, Corinto, Curvelo, e Felixlândia forneceram vazões específicas que variam de 3,75 a 72 m³/h/m para rebaixamentos variando entre 5,00 e 22,00 metros.

Em relação às rochas do embasamento cristalino, as zonas mais favoráveis são aquelas próximas aos cursos d'água mais importantes da área e também nas regiões onde ocorram quartzitos.

- Nos aquíferos cársticos as zonas de dolinas e sumidouros são as que apresentam maiores possibilidades de água subterrânea. Entretanto, poços perfurados no calcário não carstificado nas cidades de Matozinhos, Sete Lagoas e Vespasiano forneceram vazões específicas variando de 28,6 a 114,3

$m^3/h/m$ para rebaixamentos variando de 0,70 a 3,57 metros.

8.2.2 Aquíferos Granulares

Na área são explorados de um modo geral, através de poços manuais e nascentes e não apresentam condições, devido à reduzida espessura, de captação por poços tubulares. O seu principal papel é na realimentação dos aquíferos subjacentes.

Pelo exposto, com certa reserva, pode-se concluir que os melhores aquíferos para exploração de água subterrânea, na área, são pela ordem os aquíferos cársticos, os aquíferos fraturados do Grupo Bambuí e os do embasamento cristalino. Todavia, mesmo estes, quando não conectados hidráulicamente aos leitos dos rios apresentam, devido às condições deficientes de alimentação e circulação, um potencial hidrogeológico geralmente limitado.

Dependendo entretanto de critérios de locação tecnicamente consistentes que levem em conta os aspectos influentes ligados aos esforços tectônicos, à dissolução cárstica (Grupo Bambuí) e aos condicionamentos morfológico, hidrológico e litológico, podem ser obtidas vazões razoáveis, capazes de atender às necessidades do uso doméstico, do abastecimento de pequenas comunidades e, mais raramente, da irrigação de pequenos campos agrícolas.

8.3 Demanda e Uso Atual

De posse dos dados relativos à população humana e animal da área (quadros 4.9 e 4.10), foi efetuada uma estimativa da demanda de água e seu uso atual.

Para a demanda humana total, levando em conta a elevada densidade populacional da área metropolitana de Belo Horizonte, a estimativa foi feita considerando-se para o consumo médio diário, "per capita", para essa área e o restante da área de estudo, 350 e 200 litros, respectivamente. Assim, para uma população, na área metropolitana de 1.605.917 habitantes a demanda estimada foi de 202,3 milhões de m^3 /ano e para o restante da área a demanda estimada foi 124,2 milhões de m^3 /ano para uma população de 1.724.855 habitantes, sendo a demanda humana total de 326,5 milhões de m^3 /ano.

Para os animais, adotando-se a unidade animal padrão (UAP) de 50 l/UAP/dia ou 18 m^3 /ano para bovinos, e quinos, asininos e muares, 25 l/UAP/dia ou 9 m^3 /ano para os suínos e de 0,07 m^3 /ano para cada 100 aves (Daker, 1970), o cálculo da estimativa das necessidades de água forneceu um valor de 44,2 milhões de m^3 /ano.

A estimativa final, reunindo os valores médios encontrados para as necessidades das populações humana e animal é de 370,7 milhões de m^3 /ano. Embora sem dados mais precisos acerca das reservas renováveis de água subterrânea da área de estudo, pode-se dizer que os recursos hídricos existentes, atualmente em exploração, são suficientes para suprir a demanda estimada.

Em particular, para o caso das áreas abrangidas pelos aquíferos Bambuí fraturado (rochas pelíticas) e Bambuí cárstico (rochas carbonáticas), o volume de água necessário para as populações humana e animal é da ordem de 22,8 milhões de m^3 /ano, o que corresponde a 17 % das reservas subterrâneas exploráveis estimadas para esses dois a

quíferos (itens 6.7.1.1 e 6.7.2.1).

No quadro 8.1 está indicada a produção média anual de água subterrânea dos poços tubulares inventariados, segundo sua distribuição por categoria.

USO ATUAL DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

Discriminação	Volume (10^6 m ³ /ano)	%
Doméstico	10,4	89,7
Pecuário	0,4	3,4
Industrial	0,8	6,9
TOTAL	11,6	

QUADRO 8.1

9. CONCLUSÕES

Os objetivos pretendidos por esse estudo podem ser considerados atingidos em razão dos resultados obtidos que são expostos a seguir:

- Em termos de hidrogeologia destacam-se, na área de estudo, os metassedimentos do Grupo Bambuí, notadamente as zonas cársticas, que retêm as maiores reservas de água subterrânea na região. O embasamento cristalino e cristalofiliano apresenta fracas possibilidades hídricas no que diz respeito tanto à qualidade quanto à quantidade das águas, embora em faixas anômalas, geralmente recobertas por aluviões de rios, possam fornecer vazões específicas bastantes elevadas.

- Os aquíferos mais importantes são definidos pelas rochas carbonáticas da Formação Paraopeba (Grupo Bambuí) e pelas rochas pelíticas desse mesmo Grupo. As aluviões e coberturas indiferenciadas, em virtude de sua pequena expressão em área e reduzida espessura, não despertam grande interesse hidrogeológico.

- Os ensaios de bombeamento analisados para o Grupo Bambuí (rochas pelíticas) forneceram valores para a transmissibilidade (T) que variam de $1,03 \cdot 10^{-4}$ a $1,48 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, com valor médio de $0,56 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, situando essas rochas numa posição média de importância e potencialidade em relação às zonas cársticas e ao embasamento cristalino e cristalofiliano.

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

Aquífero Bambuí Cárstico

Volume de rocha saturada	$0,16 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$
Reservas permanentes	$0,80 \cdot 10^9 \text{ m}^3$

Reservas exploráveis	$14,10 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$
Aquífero Bambuí fraturado	
Volume de rocha saturada	$1,10 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$
Reservas permanentes	$0,21 \cdot 10^9 \text{ m}^3$
Reservas exploráveis	$0,12 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{ano}$

- Em relação à demanda, a estimativa feita indica que, o consumo d'água necessário às populações humana e animal pode ser satisfatoriamente atendido pelo volume das reservas hídricas dos aquíferos considerados, atualmente em exploração.

- A exploração racional dos aquíferos Bambuí fraturado e cárstico está afeta, no primeiro caso, à escolha de locais que sofreram uma movimentação tectônica mais intensa, dando origem a um maior número de fraturas e fendas que irão facilitar a circulação e o armazenamento das águas subterrâneas; no segundo caso, aos locais onde o processo de carstificação se desenvolveu mais intensamente. No caso em questão, para o aquífero Bambuí fraturado seria necessário, objetivando um melhor aproveitamento do seu potencial hídrico, fazer um estudo mais detalhado das fraturas. A exploração do aquífero cárstico está restrita às áreas de afloramento dos calcários da Formação Paraopeba e a análise dos dados existentes sobre os poços tubulares perfurados nesses calcários na região de Sete Lagoas-Lagoa Santa, mostra que nessa região se poderá obter um melhor aproveitamento desse aquífero. As profundidades limites de captação dos aquíferos Bambuí fraturado e cárstico estão por volta de 100 metros, tornando perfeitamente viável a sua exploração.

- Quanto à qualidade química, todas as águas apresentam baixo grau de salinização, com um resíduo seco médio em torno de 185 mg/l. As águas dos aquíferos Bambuí (fraturado e cárstico) são mais salinizadas, apresentando resíduos secos

médios de 193,3 e 198,5 mg/l, respectivamente. Nos tipos químicos predominam as águas bicarbonatadas (52,2%), vindo a seguir as águas bicarbonatadas cloretadas e cloretadas bicarbonatadas (13,6% cada uma) e as águas cloretadas (11,3%). A potabilidade das águas é, de um modo geral boa, seja para consumo humano ou animal. Para a irrigação apenas 2,9% das águas, pertencentes aos tipos C_3-S_1 e C_2-S_3 apresentam restrições quanto a sua utilização na irrigação.

10. BIBLIOGRAFIA

ÁGUAS subterrâneas e poços tubulares. Curitiba, UFPr, 1969.
392 p.

BRANDALISE, Luiz Alberto et alii - Projeto Vale do Paraíba do Sul, relatório final. Belo Horizonte, s. ed, 1976
(Relatório inédito DNPM/CPRM.).

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.

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. 2v.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Coordenação Geral. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Sinopse 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; Minas Gerais. Rio de Janeiro, 1973. v.1.

COMPANHIA MINEIRA DE ÁGUA E ESGOTOS. Recursos hídricos.
In: _____ - Estudo Global de Viabilidade Técnica, econô

- mica e Financeira do Plano Estadual de Águas (PEAG-MG); relatório final. s.l., (Relatório inédito COMAG/SERETE) v.3, t.2.
- CRUZ, W. Barbosa da & FRANÇA, Hélio P.M - Inventário hidrogeológico básico do Nordeste; folha 14 - Jaguaribe-SO. Recife, SUDENE, 1971. 222 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 31).
- CUSTÓDIO, E & LLAMAS, Manuel R - Hidrología subterránea. Barcelona, Omega, 1976.
- DAKER, Alberto - A água na agricultura; irrigação e drenagem. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1970. v.3.
- DERBY, O. A - The Serra do Espinhaço, Brasil. The Journal of Geology, Chicago, 14(3): 394 - 401, 1906.
- ELEMENTOS de hidrogeologia prática. Recife, SUDENE, 1967. 372 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 13).
- FONTES, Cid Queiroz et alii - Projeto Jequitinhonha; relatório final. Belo Horizonte, 5, 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; grande Região Sudeste. Rio de Janeiro, IBGE, 1977. v.5.
- LEAL, Antonio de Souza - Consideração sobre a circulação da água em rochas cristalinas e salinização em região árida; área piloto de Juazeiro/Curaçá - Bahia. Recife, SUDENE, 1969. 28 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de hidrogeologia, série hidrogeologia, 24).

- _____ - Inventário hidrogeológico básico do Nordeste; folha nº 19, Aracaju-NO. Recife, SUDENE, 1971, 242 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 33).
- _____ - Legenda para mapas hidrogeológicos. Recife, SUDENE, 1974. 30 p. (BRASIL. SUDENE. Divisão de Hidrogeologia, série hidrogeologia, 42).
- LIMA, José E.S - Projeto Hidrogeologia do Norte de Minas Gerais e Sul da Bahia; folha nº 32, Salvador-SO. Belo Horizonte, s. ed, 1977. (Relatório inédito DNPM/CPRM).
- LOGAN, J - The interpretation of chemical analysis of water. Recife, s. ed, 1965. (Relatório inédito USAID).
- LOPES, J. de Carvalho - Hidrogeologia e aspectos brasileiros de sua aplicação; ensaio de captação comparada - água superficial - água subterrânea. Belo Horizonte, Optimus Studio, 1957. 127 p.
- MENEZES Filho, Nelson R. et alii - Projeto Três Marias; relatório final. Belo Horizonte, s. ed, 1977. (Relatório inédito DNPM/CPRM).
- MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia. Instituto de Geociências Aplicadas. Projeto Radar - Minas Gerais; mapa geomorfológico. Escala 1:500.000. Belo Horizonte, 1977.
- MORAIS, Franklin de - Projeto Hidrogeologia do Norte de Minas Gerais e sul da Bahia; folha nº 33, Belo Horizonte-NE. Belo Horizonte, s.ed, 1977 (Relatório inédito DNPM/CPRM).
- PESSOA, Mário Dias - Inventário hidrogeológico do Nordeste; folha 18 - São Francisco-NE, Recife, SUDENE, s. ed, 1977. (Relatório inédito SUDENE).

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

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