ENGENHARIA DE SISTEMAS DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO / SA
- ESCA -

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM
- O serviço geológico do Brasil -

COMISSÃO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO
- CISCEA -

CPRM
BIBLIOTECA
2516 S

ALTERNATIVAS PARA O ABASTECIMENTO HÍDRICO DE SÃO GABRIEL DA CACHOEIRA - AM

CPRM — DIROTE
ARQUIVO
Relatorio n.º 2516 - S
N.º de Volumes 1 V: S

MANAUS - ABRIL/1995

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELO PROJETO

Geól. VALTER JOSÉ MARQUES
(Coordenação Geral e Meio Ambiente)

Geól. JOSÉ MOURA VILLAS BÔAS
(Coordenação dos Trabalhos de Campo, Geologia e Recursos Hídricos Subterrâneos)

Engo. HIDRÓLOGO RAMIRO F. MAIA NETO
(Hidrologia e Recursos Hídricos Superficiais)

Geof. MICHAEL G. PETER DREWS
(Prospecção Geofísica)

Geól. MANOEL ROBERTO PESSOA
(Sensoreamento Remoto)

Consultor:
Engo. SANITARISTA RICARDO LISBOA DA CUNHA
(Sistemas de Abastecimento Hídrico)

OUTROS CRÉDITOS

Editoração
Regina Célia Baptista Vianna

Revisão Lingüística
Suely Serfaty

SUPERVISÃO

PRESIDÊNCIA DA CPRM
Carlos Oiti Berbert

Núcleo de Geologia e Engenharia do Meio Ambiente

COORDENADOR
Valter José Marques

EXECUÇÃO

Superintendência Regional de Manaus - AM

SUPERINTENDENTE
Fernando Pereira de Carvalho

GERENTE DE RECURSOS MINERAIS
João Orestes Schneider Santos

GERENTE DE RECURSOS HÍDRICOS
Ramiro Fernandes Maia Neto

APRESENTAÇÃO

O município de São Gabriel da Cachoeira está situado à margem esquerda do alto rio Negro, próximo às fronteiras com a Venezuela e Colômbia, possuindo uma extraordinária dimensão territorial, superior a 112.000 km^2. Sua atual população, de quase 30.000 hab., está concentrada na sede municipal, alvo do presente trabalho.

A região reveste-se de especial interesse e atenção para o país, haja vista diversos problemas surgidos nas últimas duas décadas, oriundos, principalmente, do narcotráfico, garimpagem, ocupação de reservas indígenas e depredação dos recursos biológicos.

A Força Aérea Brasileira, representada pela Comissão de Implantação do Sistema de Controle do Espaço Aéreo - CISCEA, entendendo que os aspectos de saneamento básico, e saúde pública são elementos básicos para a segurança nacional na região, contratou a CPRM, através da ESCA-Engenharia de Sistemas de Controle e Automação S.A, para realizar estudos técnicos que culminassem com a proposição de alternativas para o abastecimento hídrico da sede municipal de São Gabriel da Cachoeira.

O projeto, com prazo de 90 dias de execução, conforme contrato nº. 001/PR/95, foi iniciado em 15 de janeiro de 1995, terminando em 18/04/95, com a entrega do relatório final.

O objeto do contrato - "realização de pesquisa hidrogeológica no município de São Gabriel da Cachoeira (AM)", visou:

a) identificar a existência de água subterrânea na área municipal urbana permitindo o abastecimento de água potável (quantidade/qualidade) à cidade de São Gabriel da Cachoeira (AM);

b) estabelecer os locais mais adequados às perfurações de poços tubulares;

c) indicar a melhor solução para o abastecimento hídrico na cidade de São Gabriel da Cachoeira (fluvial ou subterrânea) - implantação, operação, manutenção do sistema.

RESUMO

Por determinação da CISCEA - Comissão de Implantação do Controle do Espaço Aéreo, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM foi contratada pela Engenharia de Sistemas de Controle e Automação S/A - ESCA para realizar levantamentos geológicos na área urbana da sede do município de São Gabriel da Cachoeira, Estado do Amazonas, objetivando determinar alternativas de abastecimento d'água a partir da avaliação do potencial hídrico superficial e subterrâneo.

As fases metodológicas estabelecidas foram: (a) análise e interpretação de imagens de sensores remotos; (b) mapeamento hidrogeológico e lito-estrutural de campo; (c) levantamento geofísico terrestre; (d) análise e interpretação ambiental e (e) análise dos recursos hídricos existentes, dos sistemas de abastecimento implantados e a formulação de alternativas. Como apoio às interpretações, foram cadastradas 02 fontes, 118 poços amazonas e 18 poços tubulares, além da seleção de 35 locais para coleta e análise das águas superficiais e subterrâneas.

Os trabalhos evidenciaram uma generalizada contaminação dos recursos hídricos, tanto superficiais quanto subterrâneos, à exceção dos poços mais profundos (acima de 20 metros de profundidade). As águas captadas no rio Negro e na rede de distribuição apresentam coliformes fecais, tal como as águas coletadas nos poços amazonas. Essa constatação configura um quadro que não deve ser mantido.

Tendo em vista o conhecimento hidrológico e hidrogeológico adquirido, analisado no contexto sócio-econômico local, o Projeto propõe três alternativas para enfrentar o problema de abastecimento hídrico em São Gabriel da Cachoeira.

(a) - implantação do projeto de ampliação da ETA - COSAMA, com a reforma total da captação, tratamento, reservação e ampliação da rede, ao qual seriam adicionados 07 poços (mínimo de 05), garantindo o abastecimento de água potável até o ano de 2005, com uma razoável margem de segurança (reserva estratégica);

(b) - implementação parcial do projeto da COSAMA, com recuperação da atual ETA (100 m^3/h), mais a construção de 07 poços (mínimo de 05) profundos, aduzindo $50m^3/h$, garantindo o pleno abastecimento da população em 1995, com água de boa qualidade, sobrando ainda uma pequena reserva estratégica;

(c) - melhoria na desinfecção da atual ETA e sua captação, o que, juntamente com a construção de 07 poços (mínimo de 05) proveria o abastecimento da atual população atual, parcialmente abastecida com a água de boa qualidade, proveniente dos poços profundos.

Finalmente, do ponto de vista ambiental (preservação dos recursos hídricos e aproveitamento racional dos mesmos), são assinados os vetores de poluição e sugeridas as seguintes medidas preventivas, corretivas e mitigatórias a serem consideradas no PDM.

(1) - mudar o local de captação d'água, no rio Negro, para um sítio mais a montante;

(2) - mudar o local de lavagem de veículos, localizado pouco abaixo do ponto de captação d'água no rio;

(3) - construir um coletor de esgotos ao longo da Av. Sete de Setembro, juntamente com um emissário que despeje os esgotos no canal central do rio Negro, à juzante da área urbana;

(4) - construir um atracadouro para pequenas embarcações;

(5) - restringir o lançamento de efluentes (esgoto e lixo) nas áreas de recarga dos aqüíferos subterrâneos.

(5) - implantar um programa de educação ambiental;

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

RESUMO

1 - HIDROLOGIA 13
1.1 - Ojetivo 13
1.2 - Clima e Precipitação 13
1.3 - Nível D'água 13
1.4 - Potencial Hídrico 14
1.5 - Secas 15
1.6 - Cheias 15
1.7 - Descarga Sólida 16
1.8 - Oferta e Demanda Hídrica 17
1.9 - Qualidade da Água 17
1.10 - Conclusões 19

2 - SENSOREAMENTO REMOTO 21
2.1 - Introdução 21
2.2 - Unidades Fotogeológicas 21
2.2.1 - Descrição das Unidades Fotogeológicas 21
2.2.1.1 - Unidade A 21
2.2.1.2 - Unidade B 21
2.2.1.2 - Unidade C 22
2.2.1.2 - Unidade D 22
2.3 - Sistemas de Fraturamento 22

3 - GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA 24
3.1 - Objetivos 24
3.2 - Localização 24
3.3 - Geologia 24
3.3.1 - Geologia Regional 24
3.3.2 - Geologia Local 24
3.3.2.1 - Complexo Cauaburi 24
3.3.2.2 - Concreções Lateríticas 26
3.3.2.3 - Depósitos de Areias 26
3.3.2.4 - Seixos 27
3.3.2.5 - Argilas 27
3.4 - Geologia Econômica 27
3.5 - Hidrogeologia 28
3.5 1 - Águas Superficiais 28
3.5.2 - Águas Subterrâneas 28

4 - PROSPECÇÃO GEOFÍSICA 35
4.1 - Objetivos 35
4.2 - Metodologia Aplicada 35
4.3 - Resultados Obtidos 35
4.3.1 - Caminhamento Elétrico 35
4.3.2 - Sondagens Elétricas Verticais 35
4.4 - Conclusões 36

5 - ALTERNATIVAS PARA O ABASTECIMENTO HÍDRICO 41
5.1 - Objetivo 41
5.2 - Diagnóstico Sintético 41
5.3 - Sistema Hídrico em Operação 41
5.4 - Plano de Expansão 42
5.5 - Recomendações Emergenciais 42
5.6 - Horizonte de Projeto 42
5.7 - Ligações Domiciliares 42
5.8 - População de Projeto 43
5.9 - Déficit de Abastecimento 43
5.10 - Vazões de Projeto 43
5.11 - Alternativas 43
5.12 - Conclusões 45

6 - ASPECTOS AMBIENTAIS RELACIONADOS À EXPLOTAÇÃO DA ÁGUA EM SÃO GABRIEL DA CACHOEIRA 46
6.1 - Introdução: água e saúde 46
6.2 - Uso e qualidade da água 46
6.3 - Uso e ocupação do espaço urbano 47
6.4 - Recursos naturais 47
6.5 - Recursos hídricos e sua preservação em São Gabriel da Cachoeira 48
6.5.1 - Abastecimento por captação d'água no rio Negro 48
6.5.2 - Abastecimento através de poços subterrâneos 49
6.5.3 - Análise dos vetores de poluição 49
6.5.3.1 - Água superficiais 49
6.5.3.2 - Águas subterrâneas 49
6.6 - Recomendações finais 50

7 - BIBIOGRAFIA 51

ANEXOS:
Anexo I - Mapa Geológico
Anexo II - Mapa do Potencial Hidrogeológico da Área Urbana de São Gabriel da Cachoeira

1 - HIDROLOGIA

1.1 - Objetivo

Apresentar a caracterização sintética do clima, regime fluviométrico, sedimentométrico, potencialidade hídrica, qualidade das águas superficiais do rio Negro e projeções da demanda de abastecimento d'água para uso doméstico urbano em São Gabriel da Cachoeira, com base em milhares de dados hidrometeorológicos, observados diariamente em sete estações regionais do DNAEE e INMET que, mediante técnicas hidrológicas e estatísticas foram transformados em informações relevantes, detalhadas no Relatório de Hidrologia (volume 1), a fim de subsidiar as decisões de ações e planos de investimentos, inseridos no "Projeto Estudo de Alternativas para o Abastecimento Hídrico do Município de São Gabriel da Cachoeira-AM".

1.2 - Clima e Precipitação

O clima em São Gabriel da Cachoeira, segundo a classificação de Köppen, é do tipo "Af", quente e úmido sem estação seca (tropical úmido). A nível anual, os principais parâmetros climatológicos locais são: umidade relativa (87%); insolação total (1656.6 horas); nebulosidade (7.5 - escala de 0 a 10); temperatura média (25.7°C); temperatura máxima média (30.7°C); temperatura mínima média (22.4°C); temperatura máxima absoluta (39.0°C); temperatura mínima absoluta (16.7°C) e precipitação (2865.8mm), salientando-se que não há déficit hídrico em qualquer mês do ano. O trimestre mais chuvoso vai de abril a junho (858.8mm), enquanto que o mais seco corresponde ao período setembro a novembro (563.0mm), chovendo, mensalmente, em média, mais de 180.0mm. As chuvas intensas de 24 horas de duração com recorrências de 2 anos até 100 anos, são: 4.86mm/hora (2 anos); 5.80mm/hora (5 anos); 6.58mm/hora (10 anos); 7.73mm/hora (25 anos); 8.71mm/hora (50 anos) e 9.79mm/hora (100 anos).

1.3 - Nível D'água

O regime fluviométrico é caracterizado pela curva de permanência de cotas de longo período , ilustrada na figura 1.1, sendo a mínima observada de 330cm, a média de longo termo de 822cm e a máxima registrada igual a 1178cm. As águas baixam, gradualmente, de agosto até março e crescem de abril a julho. Os níveis d'água (h) são cotas em cm, superadas em cada percentagem do tempo indicado. Essas cotas estão relacionadas a referencial de nível arbitrário (RN_1= 16.052mm).

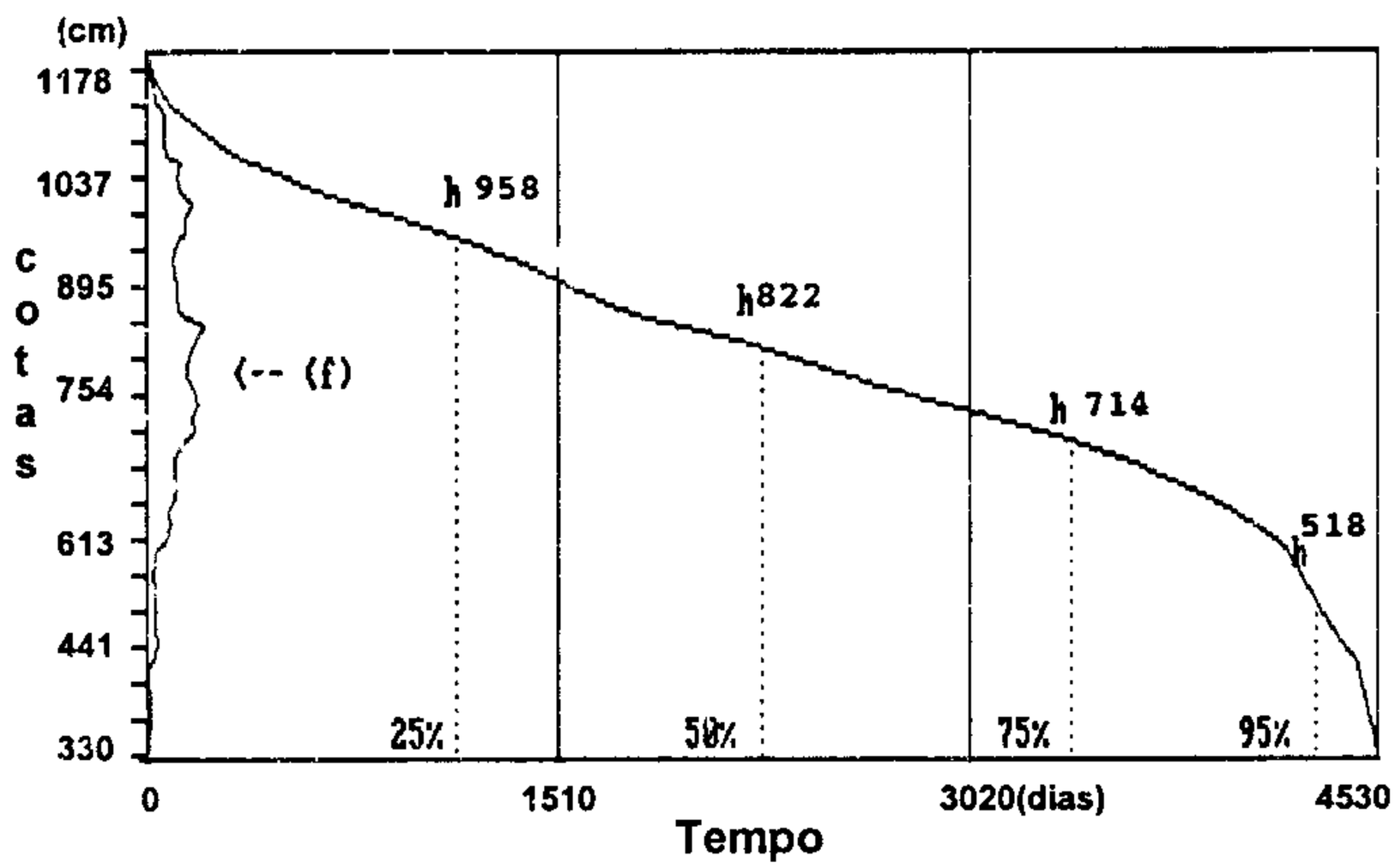


Figura 1.1 - Curva de Permanência de Cotas em São Gabriel da Cachoeira

1.4 - Potencial Hídrico

A descarga específica média anual é de 60.2 litros/s/km^2, enquanto que o coeficiente de escoamento superficial é da ordem de 66%. Isto caracteriza um extraordinário volume d'água de superfície em São Gabriel da Cachoeira, cuja vazão mínima é de 1.139 m^3/s, sendo a média de longo termo de 10.768 m^3/s e a descarga mínima média de sete dias consecutivos, com 10 anos de recorrência, estimada em 1.508 m^3/s. A tabela 1.1 das características de permanência de vazões líquidas no rio Negro indicam, satisfatoriamente, o comportamento hidrológico local, que corresponde a 92% da descarga líquida do posto Curicuriari, situado 36 km à jusante de São Gabriel da Cachoeira, cuja curva-chave representada na figura 1.2, foi fundamental na avaliação da disponibilidade hídrica natural.

CARACTERÍSTICAS MENSAIS DE VAZÕES DE PERMANÊNCIA (m^3/s)									
MÊS	5%	10%	15%	20%	25%	50%	75%	95%	100%
JAN	11340	9760	8689	8333	7962	6318	4913	2945	2117
FEV	11005	9614	9260	8798	8122	5836	3060	1846	1175
MAR	11292	10726	9926	9246	8647	6250	4053	2339	1139
ABR	14324	13310	12431	11476	10876	8715	7010	3498	1646
MAI	18994	18238	17433	16822	16262	14447	11844	8192	3531
JUN	22265	20785	20272	19619	19072	16717	15549	12627	10129
JUL	22697	21358	20756	19796	19047	17210	15382	13881	11543
AGO	19523	17891	17293	16859	16233	14911	13393	11985	11072
SET	15675	14901	13917	13463	12920	11623	10803	8892	6830
OUT	13124	12217	11763	11424	11171	9721	7521	5832	4474
NOV	13048	12047	10698	9929	9142	7750	6490	5135	4002
DEZ	11298	10804	10485	10251	9937	8254	6568	4620	4002

Tabela 1.1 - Tábua de Permanência de Vazão em São Gabriel da Cachoeira

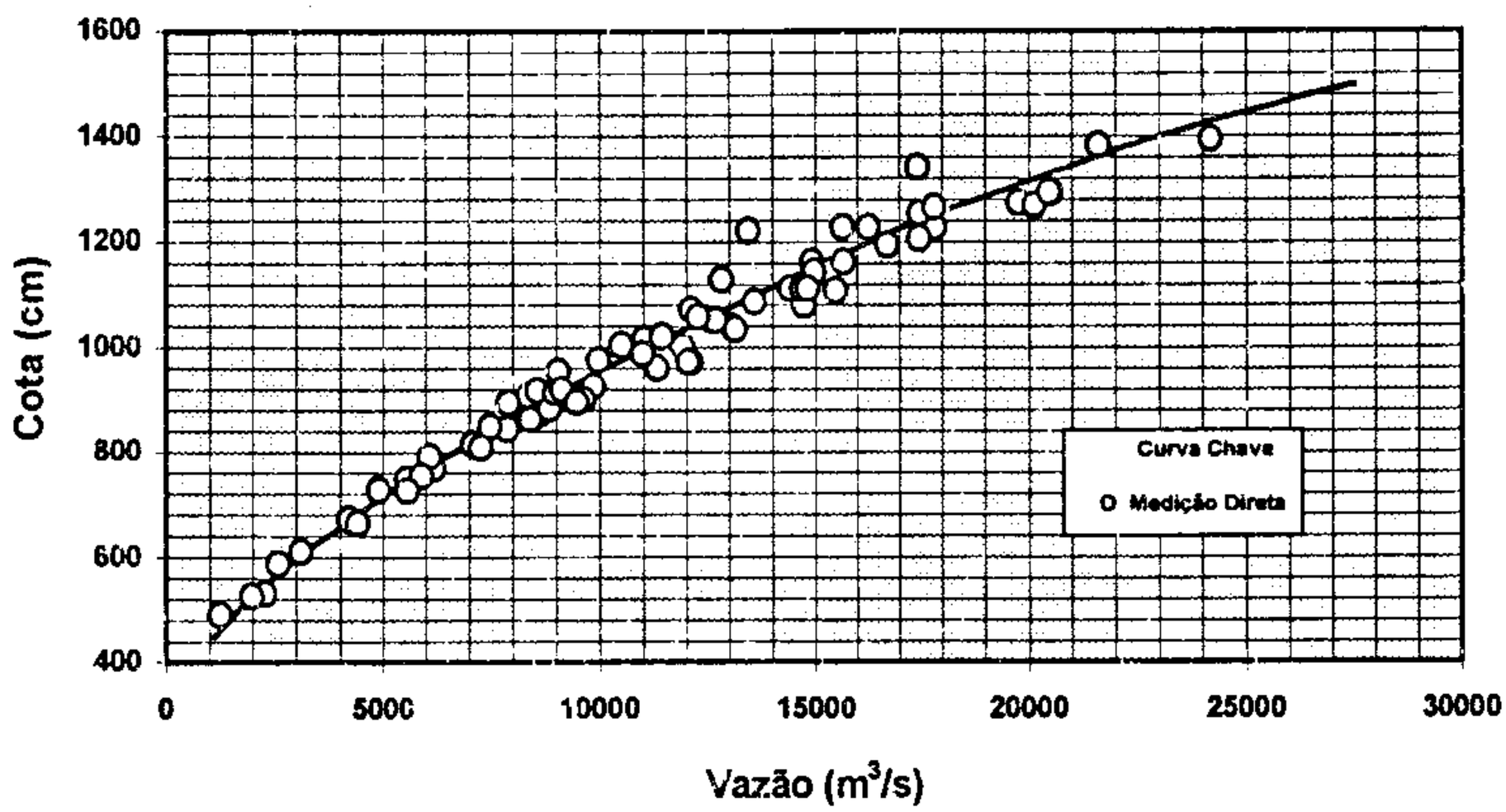


Figura 1.2 - Curva-Chave em Curicuriari

1.5 - Secas

O manancial do rio Negro, em São Gabriel da Cachoeira, permite captação a fio d'água com excessiva garantia, porquanto a descarga líquida mínima de 1000 anos de recorrência é da ordem de 1,75 milhões de m^3/hora para atender a insignificante demanda de abastecimento d'água, estimada em 387 m^3/hora nos próximos 20 anos (ano 2015). A tabela 1.2 mostra a probabilidade percentual (P) de ocorrerem vazões ou cotas menores que as indicadas. A maior seca histórica observada foi de 330cm, registrada em 1992, verificando-se na figura 1.3 a variação média da vazão mínima mensal de longo período. O primeiro trimestre do ano corresponde à época crítica de águas baixas, sendo a vazão "Q 7,10" da ordem de 5,42 milhões de m^3/hora. O ano de 1980 foi extremamente seco.

PERÍODO DE RETORNO (Anos)	SECAS PROVÁVEIS		P (%)
	(cm)	(m^3/s)	
2	443	2.521	50.0
5	385	1.776	20.0
10	360	1.459	10.0
25	337	1.162	4.0
50	323	990	2.0
100	312	845	1.0
500	291	580	0.2
1000	284	486	0.1

Tabela 1.2 - Secas Prováveis em São Gabriel da Cachoeira

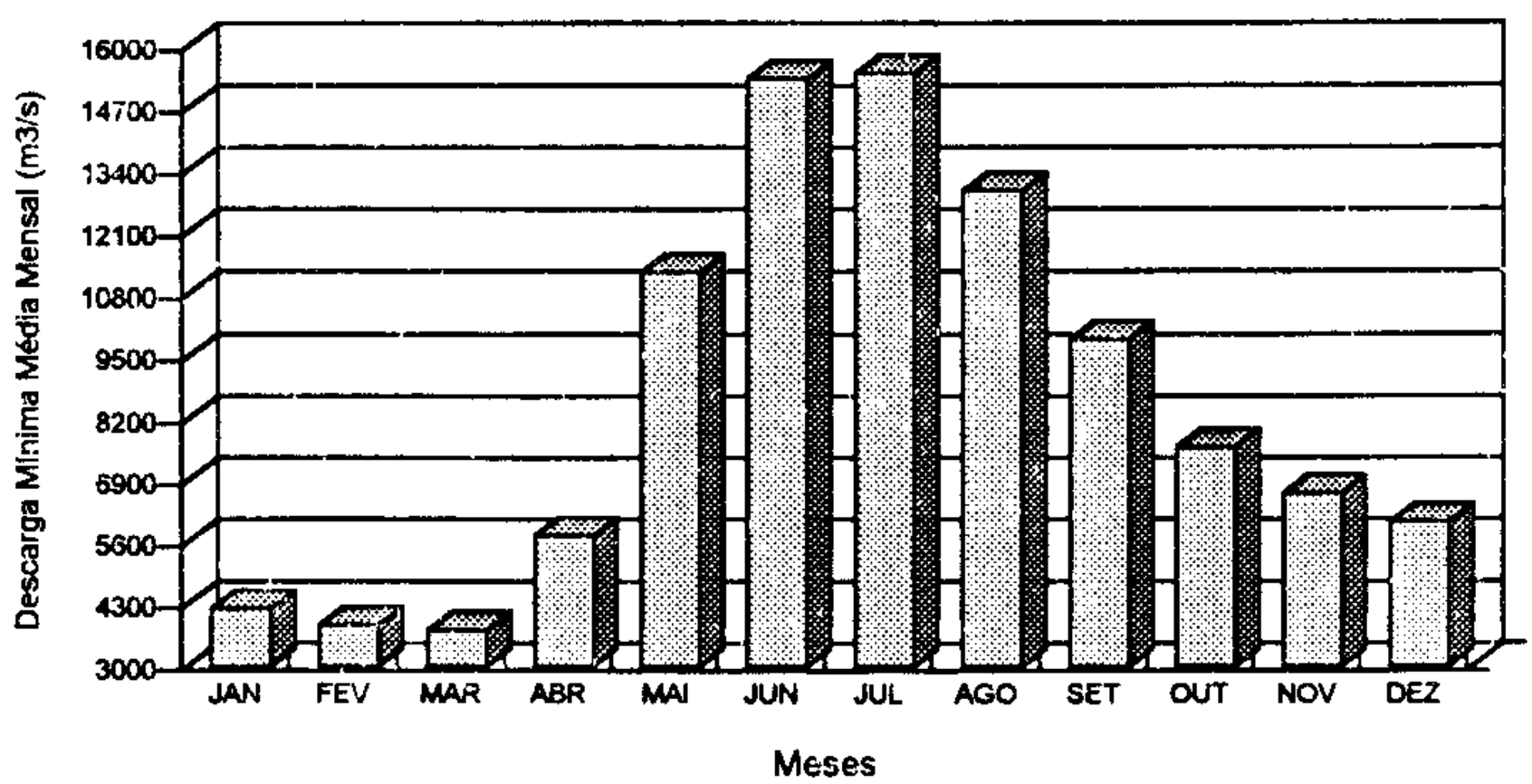


Figura 1.3 - Descarga Mínima Média Mensal em São Gabriel da Cachoeira

1.6 - Cheias

As estimativas de enchentes do rio Negro, em São Gabriel da Cachoeira, percentualmente igualáveis ou

ultrapassáveis estão indicadas na tabela 1.3, enquanto que a figura 1.4 mostra o comportamento da descarga máxima média mensal de logo termo. A maior vazão líquida histórica foi de 24.739 m^3/s, registrada em 1986, sendo equivalente a uma cheia próxima a de 25 anos de recorrência. Na época de picos (maio a julho), as descargas superam 20 mil m^3/s e os níveis correspondentes são maiores que 11 (onze) metros.

PERÍODO DE RETORNO (Anos)	CHEIAS PROVÁVEIS		P (%)
	(cm)	(m^3/s)	
2	1082	19.481	50.0
5	1128	21.646	20.0
10	1159	23.079	10.0
25	1198	24.890	4.0
50	1226	26.233	2.0
100	1255	27.566	1.0
500	1321	30.648	0.2
1000	1349	31.972	0.1

Tabela 1.3 - Cheias Prováveis em São Gabriel da Cachoeira

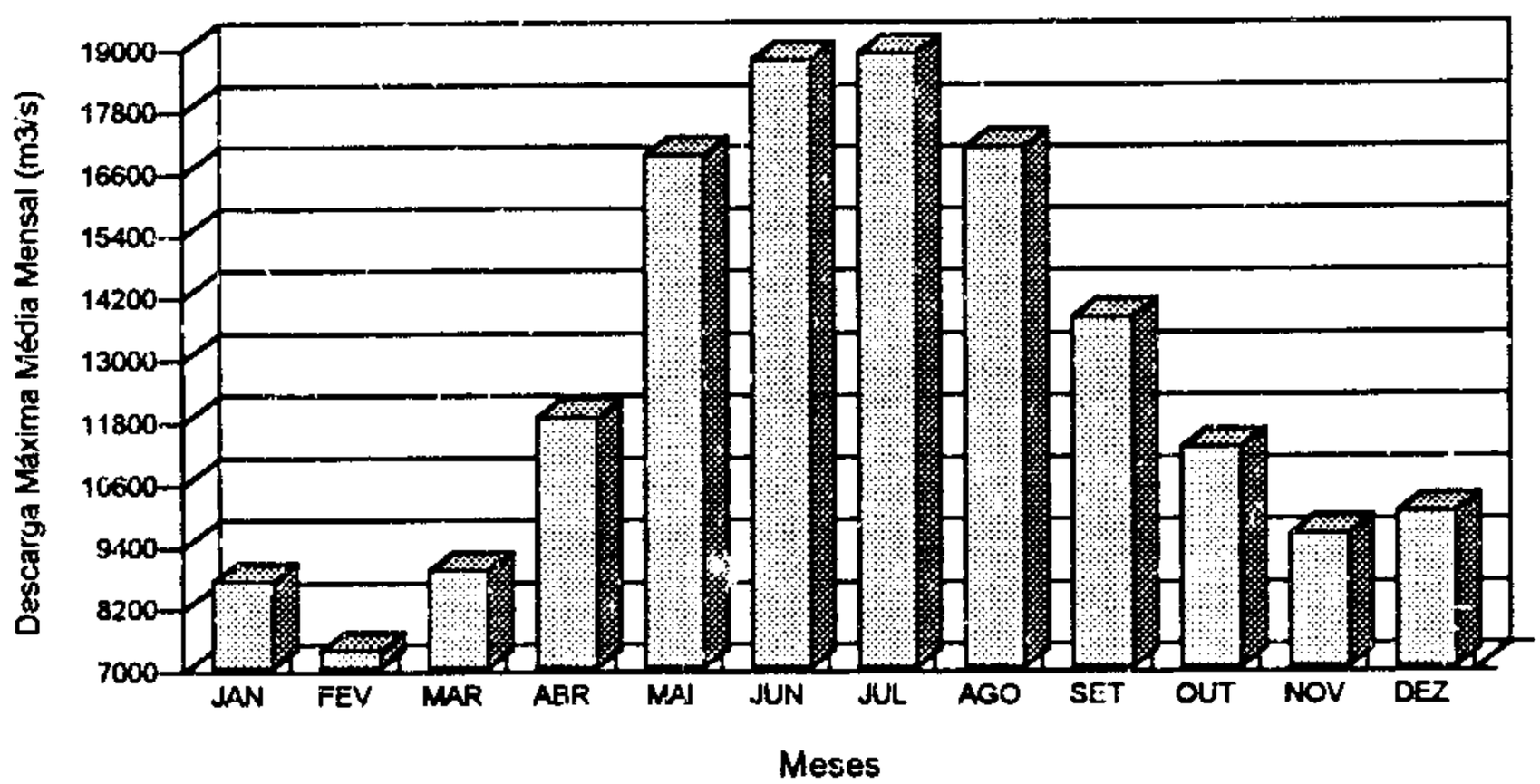


Figura 1.4 - Descarga Máxima Média Mensal em São Gabriel da Cachoeira

1.7 - Descarga Sólida

A produção de sedimentos em suspensão foi projetada em 4.5 milhões de toneladas por ano, sendo a concentração média anual da ordem de 15 mg/litro.

1.8 - Oferta e Demanda Hídrica

Historicamente, a oferta hídrica mínima do manancial de superfície no rio Negro em São Gabriel da Cachoeira, é de 4.1 milhões de m^3/hora, enquanto que a demanda de abastecimento público d'água no meio urbano da sede municipal, no horizonte do ano 2015, é apenas de 387 m^3/hora, considerando taxa anual de crescimento geométrico da população de razão 6.255%, consumo percapta 200 litros/hab/dia e coeficiente diário de maior consumo igual a 25%. A partir dos levantamentos populacionais efetuados em 1986 (6.384 hab.) e 1993 (9.762 hab.), pela Companhia de Saneamento do Amazonas - COSAMA, atualizaram-se as projeções de população e demanda hídrica correspondentes aos setores da rede de distribuição do plano de expansão do sistema de abastecimento d'água da cidade de São Gabriel da Cachoeira conforme indicações na tabela 1.4.

Atualmente, 70% da população urbana é abastecida pelo sistema, porém com restrições qualitativas, enquanto que os outros 30% não dispõem de água encanada. O projeto existente na COSAMA para expansão do sistema de abastecimento d'água foi dimensionado para 180 m^3/hora. Assim, só atenderá a demanda no horizonte do ano 2.000, inclusive com folga para a hipótese de crescimento maior (razão geométrica 8.42%), que conduz a projeção de população de 17.192 habitantes para os próximos cinco anos. Necessita-se, portanto, de investimentos para recuperações emergenciais e ampliação do sistema de abastecimento d'água a fim de atender, satisfatoriamente, a presente e futura demanda doméstica, em termos de quantidade e qualidade. A utilização da fonte hídrica superficial para o consumo humano não dispensa um permanente controle de qualidade, nem uma estação de tratamento d'água capaz de adequar, eficientemente, as águas do rio Negro aos padrões de potabilidade requeridos para o uso de abastecimento doméstico (Portaria no. 36/GM do Ministério da Saúde).

ANO	SETORES DE EXPANSÃO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO							
	DABARU		BAIXO		ALTO		TOTAL	
	hab.	m^3/h	hab.	m^3/h	hab.	m^3/h	hab.	m^3/h
1995	4837	50	2547	27	3638	38	11022	115
2000	6551	68	3450	36	4927	52	14928	156
2005	8872	92	4672	49	6673	70	20217	211
2010	12017	125	6328	66	9038	94	27383	285
2015	16276	170	8571	89	12241	128	37088	387

Tabela 1.4 - Projeções de População (r=6.255%) e Demanda Hídrica

1.9 - Qualidade da Água

Predominantemente, na bacia do rio Negro, as águas superficiais são bastante ácidas, pobres em sais dissolvidos e com substâncias coloridas em excesso, influindo nas características estéticas (cor, turbidez e odor), e com valores altos de gás carbônico e oxigênio consumido, o que já significa um alerta sobre a necessidade de tratamento para finalidades nobres, como por exemplo o uso doméstico, principalmente para eliminar a presença de coliformes.

No meio urbano de São Gabriel da Cachoeira, quatro igarapés que recebem dejetos da cidade estão altamente contaminados (tabela 1.5) pela presença de coliformes fecais (250 colônias) e coliformes totais (16 milhões/100ml). Mais grave é que tais corpos d'água (esgoto a céu aberto) desaguam no rio Negro, e a jusante destes está localizada a seção de captação do sistema de abastecimento público d'água , também poluída, conforme indicadores inseridos na tabela 1.6, onde foram feitas coletas em três pontos situados na margem direita (MD), meio do rio (MR) e margem esquerda (ME).

A água distribuída à população é imprópria para o consumo humano, em virtude da deficiência de tratamento, naturalmente pela inoperância da ETA (100 m^3/hora) e baixo tempo de contato na pequena reservação (100 m^3), onde é feita a desinfecção, provavelmente com dosagem insatisfatória de produtos químicos e elevada vazão aduzida (100 m^3/hora), superior à demanda das ligações domiciliares existentes (1.200). Os resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas, em 15/02/95, de uma amostra clorada na tomada d'água (entrada da rede de distribuição) mostrou que a água não é potável e necessita de clarificadores, pois verificaram-se: coliformes fecais (05 colônias); coliformes totais (4/100 ml); pH (4.4); cor aparente (212.5 uH); cor real (190 uH); odor (raízes e vegetais); gás carbônico (8.0 mg/l); alcalinidade em hidróxido (0.0 mg/l); alcalinidade em carbonato (0.0 mg/l); alcalinidade em bicarbonato (0.0 mg/l); dureza em termos de $CaCO_3$ (0.8 mg/l); cálcio (0.24 mg/l); magnésio (0.05 mg/l); oxigênio consumido (15.5 mg/l); cloretos (0.79 mg/l); ferro (0.2 mg/l); alumínio (0.0 mg/l); cloro residual (0.0 mg/l); gás sufídrico (ausente) e sólidos totais (0.0005 mg/l). Portanto, alerta-se sobre a necessidade de investimentos no setor de saneamento básico, educação ambiental e sanitária, principalmente cuidados indispensáveis no tratamento d'água, com permanente controle da qualidade, respeitando os padrões de potabilidade da água para fins domésticos (segundo o Ministério da Saúde). Melhor eficiência no tratamento d'água, certamente, adequará a água distribuída aos padrões de potabilidade, pois uma dosagem eficiente de produtos químicos eliminará os coliformes remanescentes (baixos em relação à água bruta) e os aspectos estéticos anormais poderão ser corrigidos ou melhorados de padrão.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS					
PARÂMETROS	UNID.	COLETA: 15/02/95 LAB: 15/02/95			
		VALOR ENCONTRADO - ÁGUA BRUTA EM IGARAPÉS			
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
pH	0 a 14	6.4	6.5	6.0	6.2
Cor Aparente	uH	212.5	375.0	65.0	130.0
Cor Real	uH	190.0	237.5	55.0	110.0
Turbidez Aparente	NTU	-	-	6.3	33.0
Turbidez Real	NTU	-	-	-	-
Odor	..	Raízes	Raízes	Ausente	Ausente
Gás Carbônico	mg/l	12.0	12.0	4.0	16.0
Alcalinidade em Hidróxido	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0
Alcalinidade em Carbonato	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0
Alcalinidade em Bicarbonato	mg/l	58.0	24.0	8.0	20.0
Dureza em Termos $CaCO_3$	mg/l	32.0	11.4	4.0	12.3
Cálcio	mg/l	10.8	2.96	1.28	2.64
Magnésio	mg/l	1.22	0.97	0.19	1.46
Oxigênio Consumido	mg/l	9.2	8.0	4.3	8.9
Cloretos	mg/l	1.8	1.25	0.4	0.41
Ferro	mg/l	2.5	5.0	2.0	5.5
Alumínio	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0
Cloro Residual	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0
Gás Sufídrico	mg/l	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos Totais	mg/l	0.0045	0.005	0.0004	0.0026
Coliformes Fecais	Colônias	250	250	250	250
Coliformes Totais	Qtd/100ml	$16x10^6$	$16x10^6$	$16x10^6$	$16x10^6$

Tabela 1.5 -Igarapés a montante da captação de São Gabriel da Cachoeira

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS					
PARÂMETROS	UNID.	COLETA: 15/02/95 LAB: 15/02/95			TAXAS ADMISSÍVEIS
		VALOR ENCONTRADO - ÁGUA BRUTA			
		M.D	M.R.	M.E.	
pH	0 a 14	4.7	4.2	4.2	6.5 a 8.5
Cor Aparente	uH	237.5	237.0	237.5	5.0 a 15.0
Cor Real	uH	121.5	212.5	212.5	5.0 a 15.0
Turbidez Aparente	NTU	-	-	-	1.0 a 5.0
Turbidez Real	NTU	-	-	-	1.0 a 5.0
Odor	-	Raízes	Raízes	Raízes	Ausência
Gás Carbônico	mg/l	8.0	0.8	8.0	Ausência
Alcalinidade em Hidróxido	mg/l	0.0	0.0	0.0	0
Alcalinidade em Carbonato	mg/l	0.0	0.0	0.0	120
Alcalinidade em Bicarbonato	mg/l	0.0	0.0	0.0	250
Dureza em Termos $CaCO_3$	mg/l	0.6	0.6	0.8	75 a 200
Cálcio	mg/l	0.16	0.16	0.16	75 a 200
Magnésio	mg/l	0.05	0.05	0.10	50 a 100
Oxigênio Consumido	mg/l	18.8	18.8	18.8	2.0 a 3.5
Cloretos	mg/l	0.78	0.75	0.78	250
Ferro	mg/l	0.20	0.20	0.20	0.3
Alumínio	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.1
Cloro Residual	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.01
Gás Sufídrico	mg/l	Ausente	Ausente	Ausente	Ausência
Sólidos Totais	mg/l	0.0003	0.0022	0.0016	500
Coliformes Fecais	Colônias	250	15	30	Ausência
Coliformes Totais	Qtd/100ml	50	130	50.000	Ausência

Tabela 1.6 - Captação do Rio Negro em São Gabriel da Cachoeira

1.10 - Conclusões

- A questão emergencial diz respeito à adequação da qualidade da água distribuída à população, aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria no. 36/GM do Ministerio da Saúde, em 19 de janeiro de 1990 e à melhoria na operação, manutenção e tratamento d'água do sistema público existente, que a curto prazo deverá ser ampliado para atendimento satisfatório.

- A estação de tratamento d'água (ETA-compacta de 100 m^3/hora) está desativada, sendo feita apenas desinfecção com produtos químicos na pequena reservação (100 m^3) que recebe uma vazão aduzida alta (100 m^3/hora), prejudicando, por decorrência, o efeito da cloração, quanto à eliminação completa dos coliformes, visto que influi para uma redução do tempo de contato e concentração dos produtos químicos.

- Dever-se-ão usar produtos químicos tais como sulfato de alumínio, para corrigir a cor; sulfato de cobre ou carvão ativado, para corrigir o odor; cloro para eliminar coliformes fecais e totais; cal, para elevar o pH e reduzir o teor de gás carbônico e oxigênio consumido corrigindo, assim, as principais anomalias detectadas através dos exames fisico-químicos e bacteriológicos da água bruta do rio Negro, deficientemente tratada com simples desinfecção, efetuada por cloração na reservação. A água distribuída à população pelo sistema de abastecimento público requer estação de tratamento para adequação aos padrões de potabilidade para consumo humano.

- Para a população atualmente abastecida (1200 ligações domiciliares - 7200 habitantes), a demanda hídrica necessária é de 75 m^3/hora e a reservação de 600 m^3, isto para atender somente cerca de 70% da população já beneficiada com a rede de distribuição. A implantação do projeto de expansão disponível poderá beneficiar com os 180 m^3/hora, previstos até 17.280 habitantes.

- A população e horizonte do projeto de expansão deverá ser bem definida para o dimensionamento racional dos componentes do sistema de abastecimento d'água nos próximos anos. Hoje, aproximadamente 30% da população urbana não dispõem de água encanada, e parte das famílias se abastecem em poços contaminados por coliformes fecais e totais (em geral poços tipo amazonas). Os outros 70%, abastecidos pela rede pública, recebem água com restrições qualitativas (principalmente estéticas) e menor grau de contaminação (5 colônias de coliformes fecais e 4 coliformes totais/100 ml), pois a desinfecção não corrigiu plenamente as anormalidades da água bruta (tabela 1.6).

- O elevado índice pluviométrico (figura 1.5) favorece a recarga dos aquíferos subterrâneos e a perenização dos cursos d'água. Não há qualquer problema de quantidade, porém a falta de saneamento básico compromete as águas de superfície, principalmente para fins nobres.

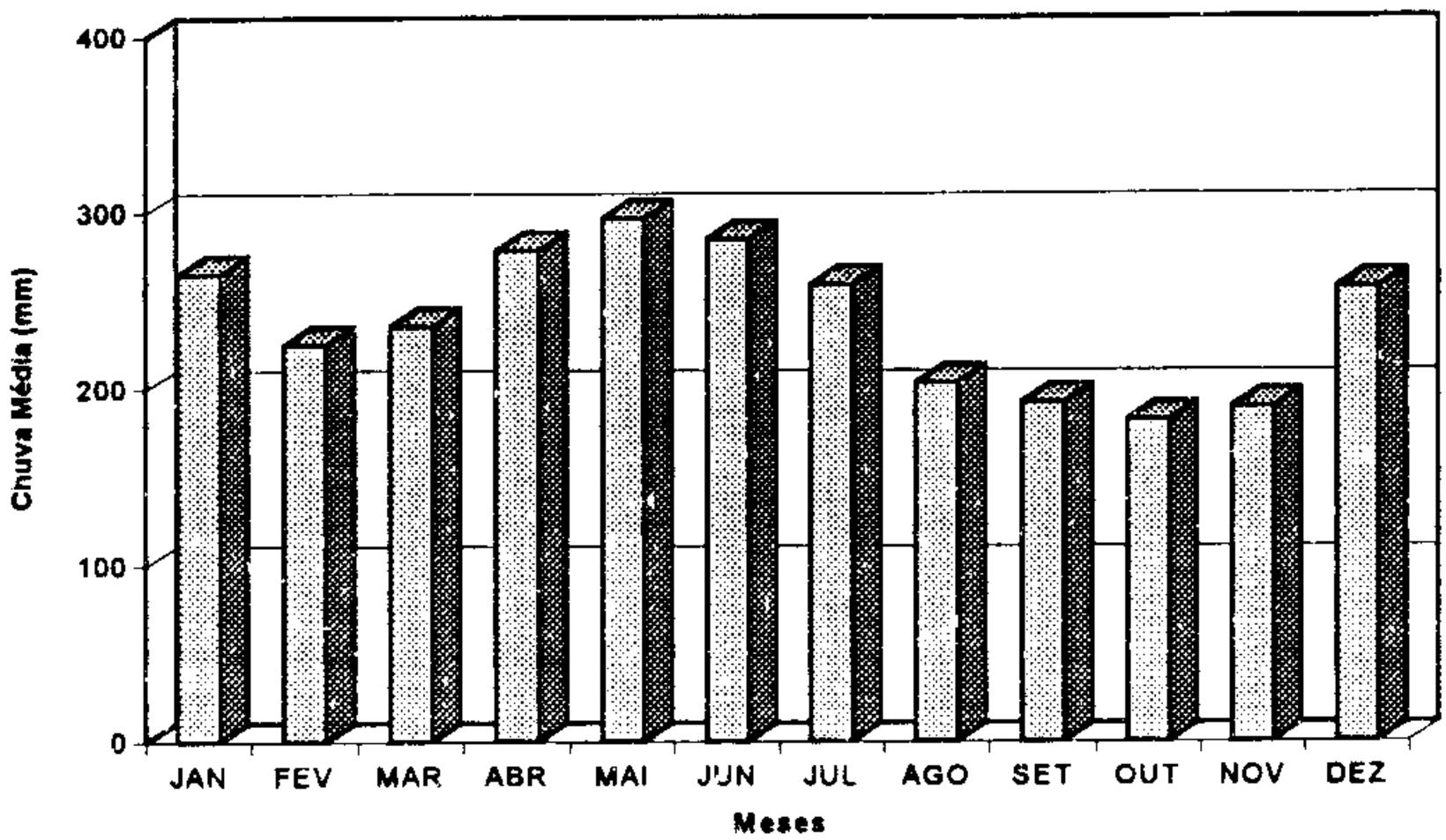


Figura 1.5 - Chuva Média Mensal em São Gabriel da Cachoeira

- A captação flutuante de abastecimento d'água no rio Negro, em São Gabriel da Cachoeira, não compromete o meio ambiente local, outros usos e nem a vida de jusante, porém a água bruta que é distribuída precisa de controle permanente de qualidade e tratamento d'água eficiente para utilização em fins domésticos.

- Qualquer manancial de superfície da região tem disponibilidade hídrica e requer tratamento d'água para atender, satisfatoriamente, a demanda de abastecimento d'água doméstico. Entretanto, não se aconselha utilizar pequenos cursos d'água como fonte de captação, em virtude da menor capacidade de autodepuração, possíveis maiores custos de transporte d'água e eventuais riscos de formação de praias em extensões prejudiciais à tomada d'água.

O problema será melhor compreendido com as exposições temáticas inseridas nos capítulos seguintes, instrumentos capazes de orientar as alternativas de soluções e decisões de investimentos necessários para melhoria do serviço público de abastecimento d'água em benefício da sociedade.

2 - SENSOREAMENTO REMOTO

2.1 - Introdução

Na interpretação dos produtos de sensoreamento remoto, procurou-se identificar os principais elementos e todos os tipos de imagens disponíveis sobre a área objeto deste trabalho. Assim, foi dada ênfase aos sistemas de fraturamento, à drenagem e às unidades fotogeológicas, além dos elementos antrópicos (estradas, construções, etc.)

Em relação às imagens, o material disponível constou de:

1) Fotografias aéreas convencionais - escala 1:60.000, obtidas pela LASA (OBRA LA-OB-142), do ano de 1973, referentes a um trecho da Perimetral Norte. 2) Fotografias aéreas convencionais - escala 1:70.000, obtidas pela LASA, OBRA LS-49, também de 1973, fazendo parte de levantamento da Perimetral Norte. 3) Imagens de radar, em escalas 1:250.000 e 1:100.000, obtidas em 1971/1972, respectivamente: SA.19-X-B e SA.19-X-B-I e 4) Imagens de satélite TM, órbita/ponto 3/60 e 3/60D, - respectivamente, 1:250.000 e 1:100.000, obtidas em 09.03.1987.

Devido à escala e natureza dos produtos, utilizou-se as imagens de radar e satélite para observar feições regionais, principalmente para assinalar as fraturas; as primeiras evidenciam os contrastes de relevo, enquanto as segundas definem melhor as diferenças geológicas (aspectos foto-litológicos). Quanto às fotografias aéreas convencionais utilizadas, como é sabido, são produtos que habitualmente mostram informações mais seguras, não só pelas características físicas da obtenção mas, pelo fato de serem, quase sempre, apresentadas formando pares estereoscópicos.

2.2 - Unidades Fotogeológicas

A análise dos produtos de sensoreamento remoto da área selecionada levou à identificação de 4 unidades fotogeológicas, além de um conjunto de estruturas lineares (alinhamentos). As unidades fotogeológicas foram denominadas de A, B, C, e D. As estruturas lineares correspondem a fraturas, sem ou com deslocamentos.

2.2.1 - Descrição das Unidade Fotogeológicas

2.2.1.1 - Unidade A

Esta unidade exibe drenagem com padrão dendrítico a subdendrítico, apresentando vales em "V" aberto; alguns deles são controlados por fraturamento tectônico, daí o grau de controle ter sido considerado como fraco a médio.

Considerando que o rio Negro é um rio de primeira ordem e seus afluentes diretos, drenagens de segunda ordem, os tributários destes, de terceira ordem e assim por diante, pode-se notar que a distribuição dos cursos d'água possuim médio a alto "grau de integração" e "densidade". Em termos de tropia, verifica-se que as correntes são, praticamente, multidirecionais. Mostram fraca assimetria, além de apresentarem sinuosidade mista (em parte, talvez, devido à tectônica).

Os cursos de segunda, terceira e demais ordens juntam-se mostrando média angulosidade, formando ângulos de junção agudos.

O aspecto textural é função direta da densidade de drenagem que, no caso da área, apresenta-se de modo moderado, ou seja, com elementos (expresso pelos vales) relativamente próximos e portanto, um número médio de células texturais, daí considerar-se uma textura fina a média.

Nas partes planas e convexas das células texturais, pode-se observar um tom cinza-claro a médio enquanto que nos vales e porções côncavas a tonalidade é cinza média a escura.

2.2.1.2 - Unidade B

Morfologicamente, esta unidade mostra sua superfície praticamente plana, sem variações de cotas, geralmente um pouco mais elevadas que as da unidade A.

Quase não há drenagem, a não ser aquela concernente aos nascedouros de drenos que atravessam a unidade A; são pequenos talvegues, sem expressão, quase que imperceptíveis na escala utilizada. Os raros vales existentes apresentam a forma de U e, mesmo assim, parece que passam por um processo natural de colmatagem. A textura é nitidamente lisa, destacando-se das demais pela planura quase uniforme; o aspecto lembra ao de uma cobertura, sobre um paleovale.
O tom observado é cinza-médio, esmaecido (se comparado com o tom brilhante da unidade anterior); não há variação tonal.

Todas estas características, além do baixíssimo desenvolvimento de vales e da inexistência de fraturas no interior das áreas (elas foram encobertas), conduzem à conclusão de que se trata de uma unidade composta de material bem mais jovem do que a da unidade A.

2.2.1.3 - Unidade C

Ocupa as porções mais elevadas de alguns morros, formando pequenos platôs, em níveis um pouco mais altos do que a unidade anterior.

A textura é, também, lisa, diferenciando-se da unidade B por apresentar uma cobertura vegetal com árvores de maior porte, o que leva a aparecer nas fotografias aéreas um aspecto ligeiramente mais poroso. Quanto ao tom, é cinza-médio, menos esmaecido do que o da unidade B e menos brilhante do que o da unidade A.

Devido à presença de uma vegetação mais exuberante, infere-se que a litologia desta unidade é menos ácida do que a da unidade B.

Não existe desenvolvimento de drenagem, somente incipientes ravinamentos íngremes.

2.2.1.4 - Unidade D

Refere-se às porções mais baixas, correspondentes ao nível do rio Negro.

RELAÇÃO ENTRE UNIDADES FOTOGEOLÓGICAS E LITOESTRATIGRÁFICAS

Unid. Fotogeológicas	Características	Unid. litoestratigráficas	Litologia
A	Textura fina a média Tom cinza-médio a escuro Com drenagem dendrítica	Complexo Cauaburi	Granitóides micáceos, a titanita, veios e diques de pegmatitos.
B	Textura lisa Tonalidade cinza-médio escurecida	Coberturas Arenosas	Areias de graniulometria muito fina, fina, média a grossa. Material bem e mal selecionado.
C	Textura Lisa Cinza-médio Formam platôs Sem drenagem	Coberturas Lateríticas	Concreções lateríticas.
D	Textura lisa Tonalidade cinza muito clara e branca	Depósitos de Praia	Areias e cascalhos, mal selecionados.

2.3 - Sistemas de Fraturamentos

A área analisada mostra, através dos diferentes tipos de imagens, 04 (quatro) "*trends*" principais de lineamentos (abrangendo fraturas, falhas e lineações), conforme relacionados a seguir:

a) Lineamento de direção N5°W a N10°E;

b) Lineamento de direção N(35° a 50°)E;
c) Lineamento de direção N(75° a 90°)E;
d) Lineamento de direção N(45° a 60°)W;

Estatisticamente, os lineamentos N35°-50°E e N75°-90°E são os mais abundantes, observando-se que a cidade de São Gabriel da Cachoeira encontra-se cortada por essas estruturas (conforme indicado no mapa geológico, anexo).

3 - GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA

3.1 - Objetivos

Apresentamos, aqui, os resultados dos estudos desenvolvidos no núcleo urbano e Sítio Radar, na cidade de São Gabriel da Cachoeira, localizada no alto rio Negro, porção noroeste do Estado do Amazonas, próximo a fronteira com a Colômbia e Venezuela.

A delimitação dos alvos fraturados, com possibilidade de conter água, na área urbana de São Gabriel da Cachoeira, restringe-se ao substrato rochoso, representado por granitos e gnaisses pertencentes ao Complexo Cauaburi, encobertos por um manto de intemperismo com espessura em torno de 10 metros. Esta área foi alvo de pesquisa sistemática em geologia, hidrogeologia e hidrologia. As etapas desenvolvidas foram: 1) Levantamento bibliográfico; 2) Fotointerpretação; 3) Mapeamento geológico-estrutural; 4) Geofísica aplicada, tendo sido realizados 23 perfis de eletro-resistividade, utilizando-se o método arranjo dipólo-dipólo e sondagens elétricas verticais, num total de 26.550 m, ao longo dos quais são delimitados locais para poços com grandes possibilidades de conter água potável; 5) Inventário dos pontos d'água; 6) Análise dos recursos hídricos de superfície; 7) Utilização de sensores remotos no levantamento de parâmetros geológicos e ambientais, locais e regionais; 8) Levantamento plani-altimétrico de toda a sede do município e região do sítio Radar, num total de 38.000 m, visando à obtenção da carta topográfica da sede do município, como apoio à interpretação da direção do fluxo hidrodinâmico em superfície e subsuperfície, além de permitir o planejamento de outras atividades de proteção ao meio ambiente, no decorrer do crescimento da sede do município; 9) Avaliação das alternativas de aproveitamento dos recursos hídricos, de superfície e subterrâneos (Anexo II).

3.2 - Localização

A área urbana do município de São Gabriel da Cachoeira, objeto do presente estudo, localiza-se na Folha SA.19-X-B, região noroeste do Estado do Amazonas, entre os meridianos 66°56'05" e 67°05'56" de longitude oeste e os paralelos 0°05'07" e 0°09'43" de latitude sul, abrangendo uma superfície de aproximadamente 150 km^2.

3.3 - Geologia

3.3.1 - Geologia Regional

De acordo com Melo, A.F.F. de, et alii (1993), em trabalhos realizados no Projeto Alto Rio Negro, emprega-se a denominação Complexo Cauaburi para um conjunto de granitóides predominantemente miloníticos a protomiloníticos, os quais, em caráter mais restrito, aparecem associados a metavulcanitos ácidos, bem como a corpos lenticulares de quartzitos, metapelitos e xistos pelíticos. Essas rochas granitóides, no contexto, apresentam-se dispostas, estruturalmente, segundo o "*trend*" NE-SW com mergulho normalmente para NW, materializando o Cinturão de Cisalhamento Güiana Central, cuja implantação se admite como processada entre o Arqueano e o Proterozóico Inferior. A nível mais local, ao conjunto granítico de "*trend*" estrutural NE-SW associam-se zonas de cisalhamento com orientação NW-SE e WNW-ESE, representadas pelos granitóides deformados, nas quais ocorrem embutidos corpos lenticulares dos metassedimentos e metavulcanitos, citados anteriormente. O termo Complexo Cauaburi, aqui empregado, corresponde a uma redefinição do Complexo Cauaburi de Lima (1985), com respeito à idade e litótipos dessa unidade, uma vez que esse autor utilizou tal designação para as rochas graníticas e gnáissicas ortoderivadas, originadas por retrabalhamento do Cinturão Móvel Güiana Central, do final do Proterozóico Inferior, sobre as rochas do Complexo Rio Negro.

3.3.2 - Geologia Local

3.3.2.1 - Complexo Cauaburi

A área estudada está contida na Folha SA.19-X-B (Figura 3.1), cobrindo, principalmente, a área urbana e periferia da sede do município de São Gabriel da Cachoeira (mapa geológico anexo). As melhores exposições rochosas pertencentes ao Complexo Cauaburi ocorrem ao longo do rio Negro e são constituídas por rochas graníticas e gnaisses de cor cinza, granulação média a grosseira e, mais raramente, fina, composta de quartzo, feldspato e micas, freqüentemente biotita. Apresentam-se em forma de pequenas serras, morros, lajeiros ou em grandes blocos, formando corredeiras ao longo do rio

Negro. Comumente estão fraturadas, às vezes formando veios de quartzo ou quartzo + feldspato potássico, mineralizados em columbita.

Os veios nos gnaisses apresentam-se, também, preenchendo fraturas paralelas ao plano de foliação. No geral, assumem espessuras que variam de milímetros a metros e, quase sempre, apresentam formas pitigmáticas que, às vezes, são oriundas da deformação da própria rocha encaixante.

Nos afloramentos visitados durante os trabalhos de campo, a maior incidência de fraturas ocorre nas direções NE-SW (Foto3.1), e, secundariamente, nas direções E-W e NW-SE (figura 3.2).

Foto 3.1 - Sistema de fraturas NE-SW

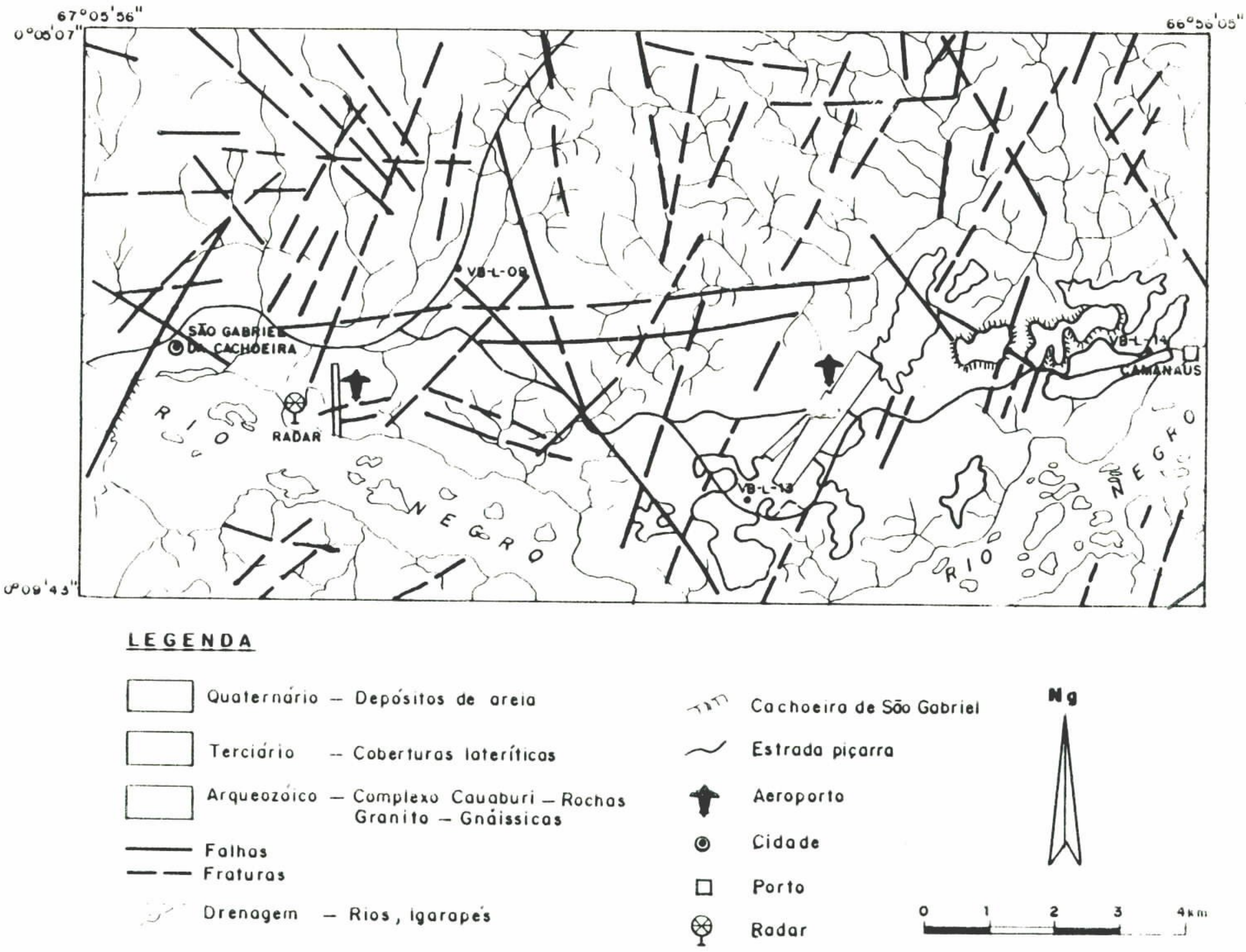


Figura 3.1 - Mapa geológico da área estudada

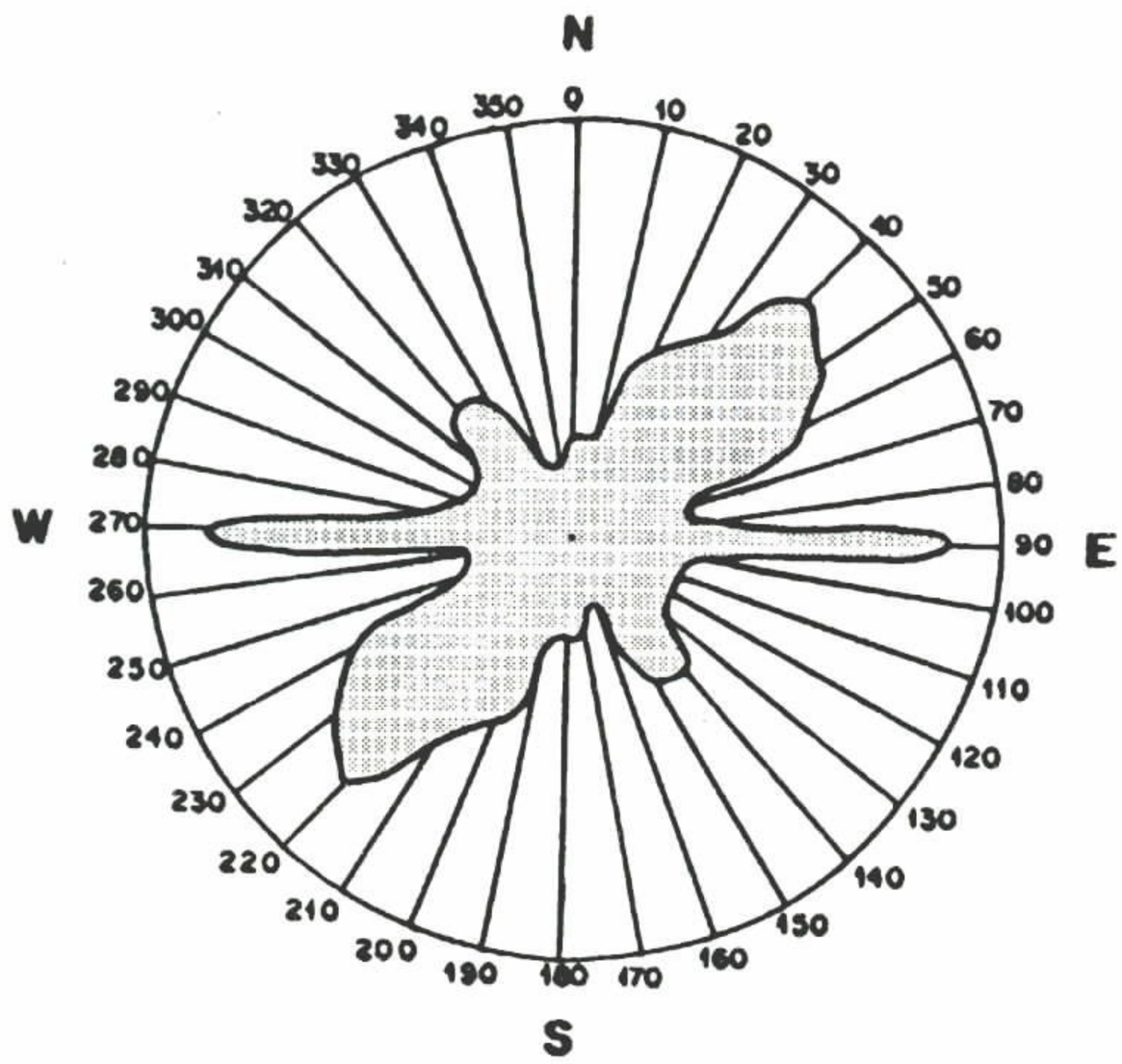


Figura 3.2 - Freqüência de fraturas tomadas nos afloramentos visitados

3.3.2.2 - Concreções Lateríticas

São faixas de idade terciária que tiveram sua origem a partir do intemperismo de rochas do Complexo Cauaburi, próprio de climas quentes e úmidos, culminando com a formação de lateritos. Tais concreções são observadas na parte leste da área estudada, bem como na estrada para Cucuí, no ponto VB-L-09. Ocorrem, geralmente, em forma de platô constituído de crostas, cangas e concreções ricas em hidróxidos de ferro e alumínio (Foto 3.2).

Foto 3.2 - Concreções lateríticas superficiais-piçarras. Estação VB-L-09

3.3.2.3 - Depósitos de Areias

São atribuídos ao Quaternário. Ocorrem em áreas aplainadas, possivelmente de origem fluvial, depositados por um sistema fluvial entrelaçado. Apresentam cor branca intensa, granulometria grosseira a média, com grãos angulosos a subangulosos e, localmente, de granulometria fina.

São constituídos por grãos de quartzo, pouco feldspato e raros fragmentos micáceos. Na estrada para Camanaus, ocorre afloramento que, embora não apresente estruturas sedimentares, tem textura fina, bem selecionada, possivelmente devido ao retrabalhamento erosivo pela ação do vento. A morfologia sugere a formação de dunas fósseis (VB-L-014) (Foto 3.3).

As estruturas sedimentares são pouco visíveis nos afloramentos, entretanto, no ponto VB-L-013, observam-se estruturas de preenchimento de canal e plano-paralelas (Fotos 3.4 e 3.5), indicando ambiente fluvial, com paleocorrente para NE.

Foto 3.3 - Dunas fósseis

Foto 3.4 - Estruturas paralelas sugerindo paleo-corrente para NE - Sistema fluvial

3.3.2.4 - Seixos

De idade quaternária, os seixos são sedimentos clásticos que tiveram origem a partir da desagregação de rochas granito-gnáissicas, veios de quartzo e outras. A alteração e partição das rochas processa-se pela ação de agentes intempéricos. São transportados pela água, sofrendo arredondamendo, seleção e deposição. Nesse processo são também formados os depósitos de areias. As areias depositam-se no leito do rio, nas áreas de menor competência, ou em meandros, formando praias. Os seixos depositam-se em áreas de maior correnteza, quase sempre no leito do rio, sendo a seleção do tamanho das partículas função do gradiente e, conseqüentemente, da velocidade da água.

3.3.2.5 - Argilas

De idade quaternária, são sedimentos pelíticos de granulometria muito fina que, no sistema fluvial,

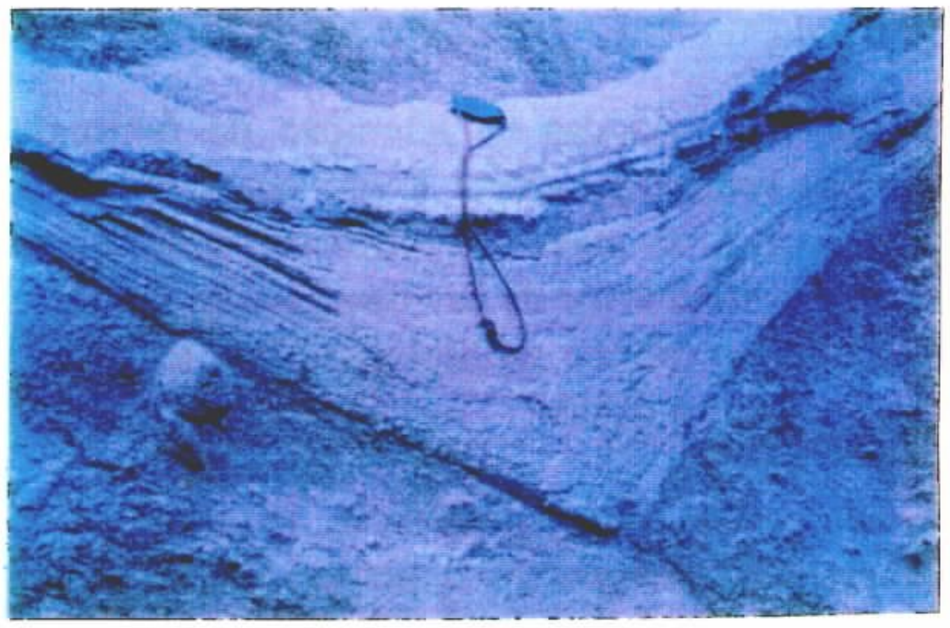


Foto 3,5 - Estrutura de preenchimento de canal - Sistema fluvial

são depositados em áreas de inundação dos rios ou em lagos. Este processo é feito por decantação, em que as partículas em suspensão são depositadas lentamente.

As argilas têm sua origem a partir da alteração dos feldspatos, micas e outros minerais que compõem as rochas do Complexo Cauaburi.

3.4 - Geologia Econômica

Os recursos minerais, como bens econômicos na área estudada, são, principalmente, os dirigidos para uso na construção civil. As rochas graníticas são abundantes, podendo ser utilizadas como brita, paralelepípedo e pavimentação de ruas; beneficiadas, podem ser usadas em pisos de residências ou obras públicas, bem como nos revestimentos de paredes ou em acabamentos decorativos.

As coberturas lateríticas (Foto 3.2) são utilizadas na construção civil, em obras de pavimentação de estradas de rodagem e alicerce de casas e construções civis diversas.

Os depósitos de areia são outro bem de interesse econômico que ocorre em grandes proporções. O seu uso é dirigido para os diversos ramos da construção civil, na construção de casas e obras públicas, praças e passeios; a depender de suas características químicas e físicas podem ser utilizados no fabrico de vidro, etc.

Existe ocorrência de seixos que, retirados do leito do rio são utilizados nos vários ramos da construção

civil, podendo, em certas situações, substituir o uso da brita.

As argilas são oriundas da alteração do feldspato contido nas rochas graníticas e são empregadas na construção civil, na parte de reboco ou revestimento de paredes e dependendo de sua composição química, pode ter uso no fabrico de tijolos, telhas, louças de barro, entre muitos outros.

Além dos limites da área estudada, existem outros bens minerais que refletem o potencial mineral do município de São Gabriel da Cachoeira. São aqui lembrados como recursos que, poderão servir de alavanca de desenvolvimento regional os seguintes: jazidas de nióbio de Seis Lagos, ocorrências de ouro, cristal de rocha, água marinha, columbita-tantalita e ametista.

3.5 - Hidrogeologia

3.5.1 - Águas Superficiais

Os estudos hidrogeológicos realizados na área urbana e periurbana de São Gabriel da Cachoeira tiveram seu início com trabalhos de fotointerpretação, ao qual seguidos de levantamento geológico-estrutural de campo, quando foram identificadas as drenagens, contatos litológicos, falhas e fraturas. Efetuou-se um completo levantamento de todos os pontos d'água, como fontes e poços do tipo amazonas e tubulares. Paralelamente, realizou-se o levantamento planialtimétrico na escala 1:2.000 e 1:10.000. Estes levantamentos propiciaram a visão global da geomorfologia local e a interpretação da dinâmica do fluxo das águas superficiais, bem como a profundidade do nível freático. De posse desses dados, selecionaram-se 27 pontos d'água para coleta e análise físico-química e bacteriológica (Figura 3.3).

Os resultados dessas análises (Tabelas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5) confirmaram a contaminação, prevista na maioria dos locais, por coliformes fecais; isto se deve à má localização dos poços, geralmente em zonas baixas, com nível de profundidade d'água variando de centímetros a poucos metros, próximos a fossas e em geral, sem proteção adequada, estando sujeitos às enxurradas que carreiam todo tipo de contaminação para dentro dos mesmos ou sendo contaminados pela infiltração através dos poros dos sedimentos, atingindo as águas do lençol freático, pouco profundo (Foto 3.6).

Foto 6 - Poço amazonas com o nível freático a poucos centímetros da superfície

3.5.2 - Águas Subterrâneas

A área mapeada é constituída por rochas granítico-gnáissicas, com um capeamento de rochas alteradas a nível de saprólito, elúvio, colúvio e alúvio, que têm em média 10 metros de espessura. Estas rochas, em geral, são extremamente desfavoráveis ao armazenamento de grandes volumes d'água subterrânea. Neste sentido, o uso de metodologia sistemática - que vai desde o mapeamento geológico-estrutural, onde são interpretadas fotografias aéreas, imagens de radar e satélite, bem como a identificação e medição de fraturas e falhas no campo, seguida de levantamento geofísico - contribuiu, grandemente, para a melhor alocação de poços d'água.

A geofísica, neste caso, utilizou o método dipolo-dipólo que, através do uso de corrente elétrica avalia a resistividade dos diversos níveis do solo, indo até a profundidade desejada. Adicionalmente, utilizou-se sondagem elétrica vertical (SEV). A utilização conjugada desses métodos permitiu a localização de fraturas abertas, rochas alteradas e zonas de falhas que, sendo encobertas por sedimentos recentes, acumulam água infiltrada. Esses são os alvos mais promissores para a perfuração de poços profundos. Outro fator que contribui para o aumento da vazão de poços em áreas de granitos e gnaisses é a maior espessura do manto de intemperismo

Em rochas cristalinas, as vazões médias dos poços em aqüíferos fraturados, sem manto de intemperismo, são da ordem de $3m^3/h$, até $10\ m^3/h$, pequenas se comparadas àquelas obtidas em regiões onde o manto

de intemperismo é mais significativo, com vazões entre 10 a 20 m^3/h e, em certas situações, podendo alcançar até 70 m^3/h. No caso de São Gabriel da Cachoeira, embora o manto de intemperismo esteja em torno de 10m, a alocação dos poços foi feita com bom critério técnico (levantamentos geológico-estrutural e geofísico) e os poços a serem perfurados terão possibilidade de fornecer boas vazões, estimando-se valores em torno de 10 m^3/h.

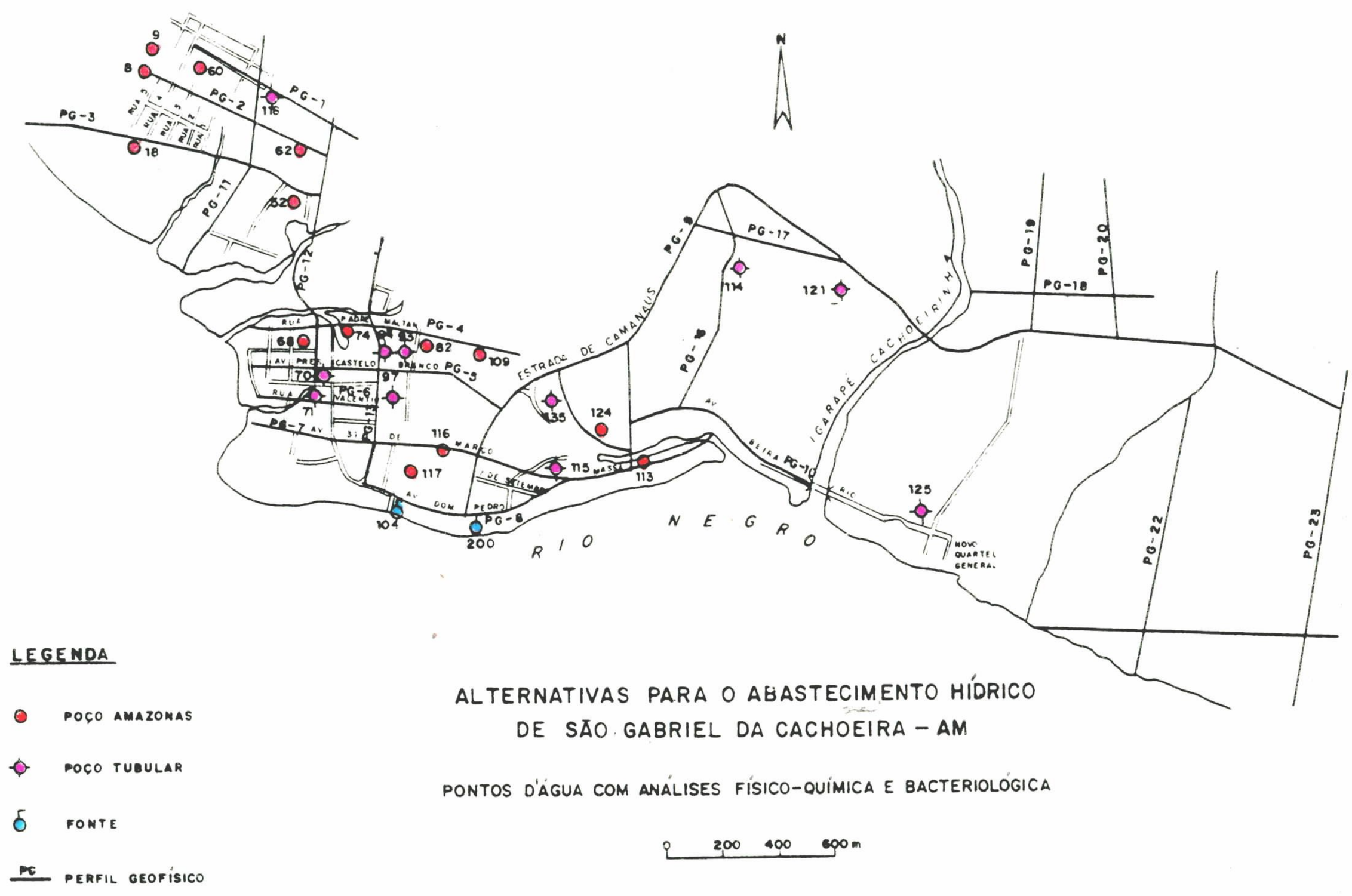


Figura 3.3

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS									
PARÂMETROS	UNID.	COLETA: 21.02.95 LAB: 21.02.95							TAXAS ADMISSÍVEIS
		VALOR ENCONTRADO - ÁGUA DE POÇOS							
		No. 09	No. 60	No. 70	No. 97	No. 104	No. 124	No. 200	
pH	0 a 14	5.3	6.1	5.7	5.8	6.0	5.5	5.9	6.5 a 8.5
Cor Aparente	uH	7.5	12.5	2.5	0.0	0.0	2.5	0.0	5.0 a 15.0
Cor Real	uH	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0 a 15.0
Turbidez Aparente	NTU	2.2	1.7	0.2	0.7	0.3	0.8	0.6	1.0 a 5.0
Turbidez Real	NTU	-	-	-	-	-	-	-	1.0 a 5.0
Odor	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausência
Gás Carbônico	mg/l	16.0	33.0	39.0	23.0	40.0	31.0	40.0	Ausência
Alcalinidade em Hidróxido	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Alcalinidade em Carbonato	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	120
Alcalinidade em Bicarbonato	mg/l	3.0	37.0	21.0	12.0	30.0	5.0	24.0	250
Dureza em Termos $CaCO_3$	mg/l	7.6	40.0	15.2	17.6	51.0	6.2	27.6	75 a 200
Cálcio	mg/l	2.4	14.8	5.2	5.4	17.6	1.76	8.64	75 a 200
Magnésio	mg/l	0.39	0.73	0.53	0.97	1.7	0.43	1.46	50 a 100
Oxigênio Consumido	mg/l	0.5	3.0	0.7	0.7	1.3	1.0	0.4	2.0 a 3.5
Cloretos	mg/l	0.85	0.55	1.6	0.7	1.15	0.53	0.55	250
Ferro	mg/l	0.1	0.0	0.1	0.0	0.05	0.1	0.0	0.3
Alumínio	mg/l	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Cloro Residual	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01
Gás Sufídrico	mg/l	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausência
Sólidos Totais	mg/l	0.0037	0.0054	0.0067	0.0006	0.0024	0.0021	0.0051	500
Coliformes Fecais	Colônias	60	80	2	0	105	12	32	Ausência
Coliformes Totais	Qtd/100ml	5000	50	2	2	70.000	3000	240	Ausência

Tabela 3.1 - Qualidade de Água de Poços Amazonas em São Gabriel da Cachoeira

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS									
PARÂMETROS	UNID.	COLETA: 14.03.95 LAB: 14.03.95							TAXAS ADMISSÍVEIS
		VALOR ENCONTRADO - ÁGUA DE POÇOS							
		No. 18	No. 27	No. 68	No. 71	No. 74	No. 94	No. 109	
pH	0 a 14	6.1	5.1	4.5	5.3	6.2	6.0	5.7	6.5 a 8.5
Cor Aparente	uH	12.5	25.0	12.5	7.5	7.5	7.5	87.0	5.0 a 15.0
Cor Real	uH	5.0	2.5	5.0	5.0	5.0	5.0	55.0	5.0 a 15.0
Turbidez Aparente	NTU	11.0	8.6	3.8	0.4	0.3	0.4	37.0	1.0 a 5.0
Turbidez Real	NTU	-	-	-	-	-	-	-	1.0 a 5.0
Odor	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausência
Gás Carbônico	mg/l	6.0	8.0	67.0	86.0	56.0	30.0	22.0	Ausência
Alcalinidade em Hidróxido	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Alcalinidade em Carbonato	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	120
Alcalinidade em Bicarbonato	mg/l	8.0	10.0	0.0	8.0	100.4	14.0	8.0	250
Dureza em Termos $CaCO_3$	mg/l	53.2	5.8	40.0	13.6	9.0	17.0	8.2	75 a 200
Cálcio	mg/l	19.76	1.2	11.44	3.44	2.8	4.4	3.12	75 a 200
Magnésio	mg/l	0.92	0.68	2.77	1.22	0.49	1.46	0.1	50 a 100
Oxigênio Consumido	mg/l	0.2	1.2	0.3	0.3	2.5	0.3	1.2	2.0 a 3.5
Cloretos	mg/l	0.9	0.6	1.78	1.42	1.62	1.05	0.95	250
Ferro	mg/l	0.3	1.0	0.3	0.1	0.0	0.1	0.2	0.3
Alumínio	mg/l	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Cloro Residual	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01
Gás Sufídrico	mg/l	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausência
Sólidos Totais	mg/l	0.0031	0.0022	0.001	0.0021	0.0023	0.0051	0.0022	500
Coliformes Fecais	Colônias	500	900	240	140	4	4	13	Ausência
Coliformes Totais	Qtd/100ml	900	1600	300	170	110	12	40	Ausência

Tabela 3.2 - Qualidade de Água de Poços Amazonas em São Gabriel da Cachoeira

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS									
PARÂMETROS	UNID.	COLETA: 14.03.95 LAB: 14.03.95							TAXAS ADMISSÍVEIS
		VALOR ENCONTRADO - ÁGUA DE POÇOS							
		No. 113	No. 116	No. 121					
pH	0 a 14	6.8	6.3	5.8					6.5 a 8.5
Cor Aparente	uH	125.0	7.5	7.5					5.0 a 15.0
Cor Real	uH	55.0	5.0	2.5					5.0 a 15.0
Turbidez Aparente	NTU	54.0	0.3	0.40					1.0 a 5.0
Turbidez Real	NTU	-	-	-					1.0 a 5.0
Odor	-	Ausente	Ausente	Ausente					Ausência
Gás Carbônico	mg/l	33.0	13.0	50.0					Ausência
Alcalinidade em Hidróxido	mg/l	0.0	0.0	0.0					0
Alcalinidade em Carbonato	mg/l	0.0	0.0	0.0					120
Alcalinidade em Bicarbonato	mg/l	8.0	46.0	17.0					250
Dureza em Termos $CaCO_3$	mg/l	105.4	62.0	5.4					75 a 200
Cálcio	mg/l	36.0	20.0	1.44					75 a 200
Magnésio	mg/l	3.74	2.92	0.44					50 a 100
Oxigênio Consumido	mg/l	3.1	0.9	0.3					2.0 a 3.5
Cloretos	mg/l	1.31	1.31	1.57					250
Ferro	mg/l	2.0	0.0	0.0					0.3
Alumínio	mg/l	0.0	0.0	0.0					0.1
Cloro Residual	mg/l	0.0	0.0	0.0					0.01
Gás Sufídrico	mg/l	Ausente	Ausente	Ausente					Ausência
Sólidos Totais	mg/l	0.0033	0.0023	0.0025					500
Coliformes Fecais	Colônias	900	50	4					Ausência
Coliformes Totais	Qtd/100ml	1600	80	4					Ausência

Tabela 3.3 - Qualidade de Água de Poços Amazonas em São Gabriel da Cachoeira

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS									
PARÂMETROS	UNID.	COLETA: 28.03.95 LAB: 28.03.95							TAXAS ADMISSÍVEIS
		VALOR ENCONTRADO - ÁGUA DE POÇOS							
		No. 09	No. 62	No. 94	No. 104	No. 109A	No. 117		
pH	0 a 14	5.5	6.0	6.3	6.0	5	5.9		6.5 a 8.5
Cor Aparente	uH	12.5	2.5	0.0	0.0	7.5	7.5		5.0 a 15.0
Cor Real	uH	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	2.5		5.0 a 15.0
Turbidez Aparente	NTU	5.30	1.90	0.30	0.30	4.3	3.6		1.0 a 5.0
Turbidez Real	NTU	-	-	-	-	-	-		1.0 a 5.0
Odor	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente		Ausência
Gás Carbônico	mg/l	22.0	10.0	48	22.0	25	30.0		Ausência
Alcalinidade em Hidróxido	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0
Alcalinidade em Carbonato	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		120
Alcalinidade em Bicarbonato	mg/l	5.0	28.0	16.0	33.0	4.0	41.0		250
Dureza em Termos $CaCO_3$	mg/l	11.4	33.0	14.6	50.0	5.0	40.6		75 a 200
Cálcio	mg/l	3.36	11.5	4.8	17.2	1.2	16.08		75 a 200
Magnésio	mg/l	10.72	1.02	0.63	1.70	0.48	0.09		50 a 100
Oxigênio Consumido	mg/l	3.4	3.3	3.2	3.00	3.1	3.6		2.0 a 3.5
Cloretos	mg/l	0.71	0.8	0.58	1.0	0.52	0.8		250
Ferro	mg/l	0.05	0.0	0.1	0.05	0.05	0.1		0.3
Alumínio	mg/l	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.1
Cloro Residual	mg/l	0.0	0.0	Ausente	0.0	0.0	0.0		0.01
Gás Sufídrico	mg/l	Ausente	Ausente	-	Ausente	Ausente	Ausente		Ausência
Sólidos Totais	mg/l	-	-	-	-	-	-		500
Coliformes Fecais	Colônias	Ausente	2	2	1.100	2.300	13.000		Ausência
Coliformes Totais	Qtd/100ml	170	30	2	7.000	80.000	1.400.000		Ausência

Tabela 3.4 - Qualidade de Água de Poços Amazonas em São Gabriel da Cachoeira

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS									
PARÂMETROS	UNID.	COLETA: 28.03.95 LAB: 28.03.95							TAXAS ADMISSÍVEIS
		VALOR ENCONTRADO - ÁGUA DE POÇOS							
		No. 118	No. 118a	No. 135					
pH	0 a 14	5.5	6.2	6.4					6.5 a 8.5
Cor Aparente	uH	2.5	15.0	0.0					5.0 a 15.0
Cor Real	uH	0.0	12.5	0.0					5.0 a 15.0
Turbidez Aparente	NTU	5.40	4.8	0.60					1.0 a 5.0
Turbidez Real	NTU	-	-	-					1.0 a 5.0
Odor	-	Ausente	Ausente	Ausente					Ausência
Gás Carbônico	mg/l	12.0	8.0	5.0					Ausência
Alcalinidade em Hidróxido	mg/l	0.0	0.0	0.0					0
Alcalinidade em Carbonato	mg/l	0.0	0.0	0.0					120
Alcalinidade em Bicarbonato	mg/l	7.0	7.0	21.0					250
Dureza em Termos $CaCO_3$	mg/l	6.0	4.2	13.2					75 a 200
Cálcio	mg/l	1.2	1.04	4.48					75 a 200
Magnésio	mg/l	0.72	0.38	0.48					50 a 100
Oxigênio Consumido	mg/l	3.3	6.1	3.2					2.0 a 3.5
Cloretos	mg/l	0.44	0.42	0.49					250
Ferro	mg/l	0.05	0.2	0.0					0.3
Alumínio	mg/l	0.0	0.0	0.0					0.1
Cloro Residual	mg/l	0.0	0.0	0.0					0.01
Gás Sufídrico	mg/l	Ausente	Ausente	Ausente					Ausência
Sólidos Totais	mg/l	-	-	-					500
Coliformes Fecais	Colônias	<1	7.000	Ausente					Ausêmcia
Coliformes Totais	Qtd/100ml	300	30.000	22					Ausência

Tabela 3.5 - Qualidade de Água de Poços Amazonas em São Gabriel da Cachoeira

4 - PROSPECÇÃO GEOFÍSICA

4.1 - Objetivos

Tendo em vista otimizar a alocação de alvos para construção de poços artesianos na área urbana do município de São Gabriel da Cachoeira, optou-se pela aplicação de geofísica terrestre, em grau de detalhamento. Os perfis foram estabelecidos a partir dos estudos geológicos de laboratório e campo.

Os trabalhos de geofísica consistiram na cobertura, por Eletrorresistividade, de 26.550m de Caminhamento Elétrico e 30 Sondagens Elétricas Verticais, no período de 15/02 a 18/03/95, ilustrados nas figuras 4.1 e 4.2.

O presente relatório apresenta os resultados dos trabalhos executados, bem como 18 indicações para sondagens mecânicas, objetivando a captação d'água subterrânea (figura 4.3).

Como estratégia, foram alocados alvos dentro do perímetro urbano, ou o mais próximo possível.

Assim sendo, aplicou-se a geofísica com o objetivo de mapear estruturas favoráveis à acumulação d'água como: falhas, fraturas e paleovales em subsuperfície, a serem testados através de sondagens mecânicas.

4.2 - Metodologia Aplicada

Foi utilizado o eletrorresistivímetro - ER/CPRM/ DIGEOF para medições das resistividades aparentes do subsolo, usando-se caminhamento elétrico e sondagens elétricas verticais.

Com o caminhamento elétrico dipólo-dipólo foram cobertos 23 perfis, totalizando 26.550m, com espaçamento entre as leituras, AB=MN=50m, em níveis de profundidade (n=6).

As sondagens elétricas verticais (SEV's) foram realizadas em 30 locais previamente escolhidos, acompanhando os perfis supracitados, objetivando o balizamento dos mesmos. Aplicou-se o arranjo Schlumberger com AB de até 600m.

Com o Caminhamento Elétrico, procurou-se mapear as estruturas subsuperficiais, de forma a ter-se como resultado Pseudo-Seções da distribuição das resistividades aparentes no subsolo e, em conseqüência, o feitio estrutural da área em curso.

As Sondagens Elétricas objetivaram definir o controle das profundidades dos estratos através de interpretação quantitativa, baseada no "modelo de estratos horizontais". Todavia, devido à heterogeneidade do subsolo, conforme revelado pelas pseudo-seções, a interpretação nesse ambiente geológico poderá vir a ser prejudicada. As sondagens elétricas sujeitam-se às influências das descontinuidades laterais, que se manifestam como deformações nas curvas de resistividade, razão pela qual diversas curvas de SEV's são de difícil ou impossível interpretação.

4.3 - Resultados Obtidos

4.3.1 - Caminhamento Elétrico

Os resultados dos 26.550m de perfis estão exemplificados na figura 4.4, sob a forma de Pseudo-Seções de Resistividade Aparente, cuja análise permite tecerem-se as seguintes considerações:

- as resistividades dominantes possuem valores que vão de 7 a 30.000 Ω-m, correspondentes a níveis argilosos e de rocha sã, respectivamente;
- as descontinuidades subverticais reveladas nas pseudo-seções podem ser atribuídas a falhas e fraturas, algumas das quais deverão ser verificadas pela geologia;
- a distribuição irregular dos perfis e das sondagens elétricas, em geral, impedem a elaboração de mapas de contorno de resistividade, topo do embasamento, etc;
- em locais onde existe um maior adensamento de amostragem, como nas proximidades do hospital, Prefeitura e Hotel Uaupés, é possível inferir a existência de faixas anômalas individualizadas.

4.3.2 - Sondagens Elétricas Verticais

Apesar das 30 sondagens terem sido realizadas como apoio à interpretação das pseudo-seções e estarem distribuídas irregularmente no terreno, as curvas geradas sugerem determinados caracteres, que

correspondem às propriedades geológico/ geoelétricas do subsolo investigado, conforme se seguem:

- as curvas apresentam deformações que refletem descontinuidades estruturais laterais, correspondentes a falhas e fraturas, dificultando a interpretação isolada de cada ponto sondado e a correlação entre os mesmos;
- mesmo com estas restrições, foi possível modelar, matematicamente, sondagens com 4 a 7 camadas, até o embasamento (2 a 60m), com resistividade variando de 40 Ω-m até infinito, para se ter ajustes aceitáveis entre as curvas medidas e calculadas;
- neste contexto, a correlação entre os resultados das sondagens e do caminhamento elétrico vem a confirmar a heterogeneidade geológica e as descontinuidades mostradas nas pesuedo-seções.

4.4 - Conclusões

Em vista das interpretações e comentários acima efetuados, podemos indicar as zonas e faixas assinaladas (nas pseudo-seções e mapa) como as mais promissoras para investigação por sondagem mecânica, o que significa a necessidade da execução de furos de 60-100 metros, levando-se em conta que as profundidades teóricas calculadas podem variar em até 30%, quanto às profundidades reais. A figura 4.3 ilustra o indicação de 08 alvos dentre os locais indicados como os mais promissores.

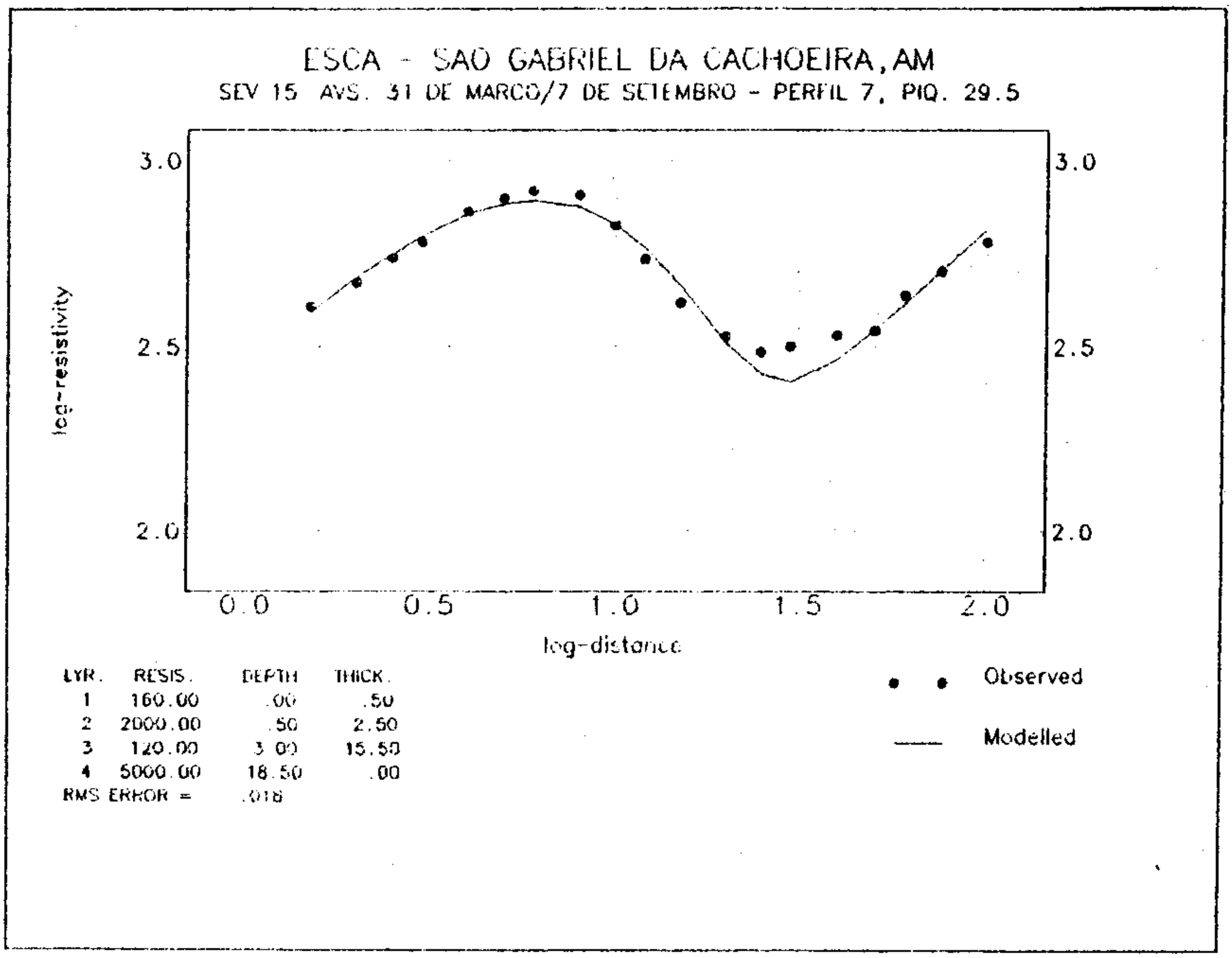


FIG. 4.2

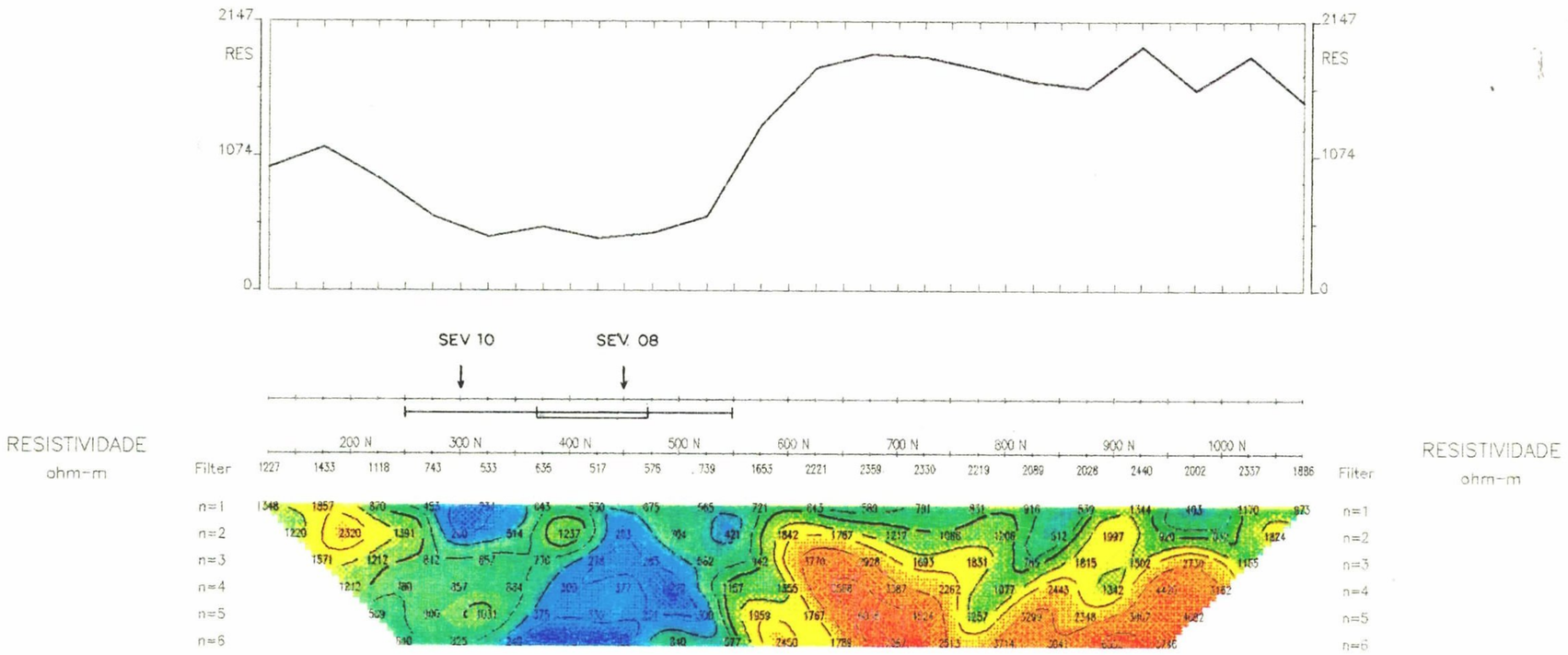
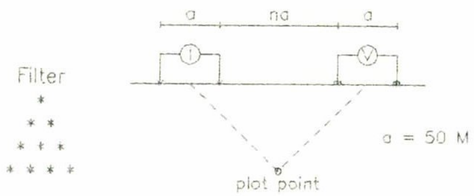


FIG. 4.1

Geosoft Software for the Earth Sciences

Line 5 E

Dipole-Dipole Array



Logarithmic Contours 1, 1.5, 2, 3, 5, 7.5, 10, ..

Scale 1:5000

50 0 50 100 150 200 250 300

(meters)

ESCA - SAO GABRIEL DA CACHOEIRA-AM

ELETRORRESISTIVIDADE

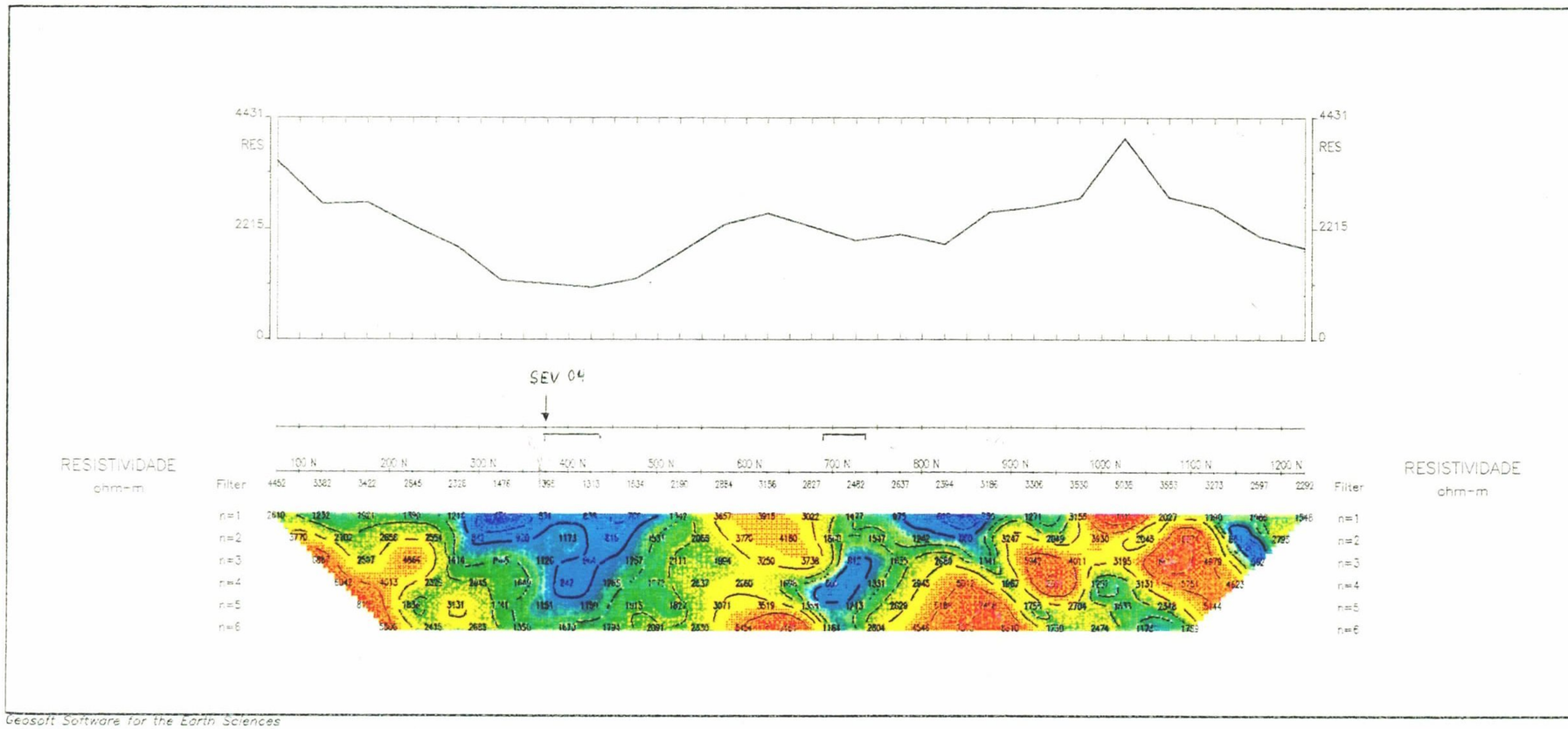
CAMINHAMENTO ELETRICO : DIPOLO-DIPOLO

PERFIL: 5E - AV. PRES. CASTELO BRANCO

Date: 95/03/30

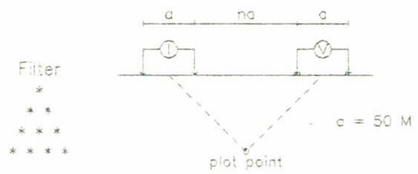
Interpretation: CGA - SUREG/BH

SUREG/MA - APOIO GEOFISICO SUREG/BH



Line 3 E

Dipole-Dipole Array



Logarithmic Contours 1, 1.5, 2, 3, 5, 7.5, 10...

Scale 1:5000

50 0 50 100 150 200 250 300

(meters)

ESCA - SAO GABRIEL DA CACHOEIRA-AM

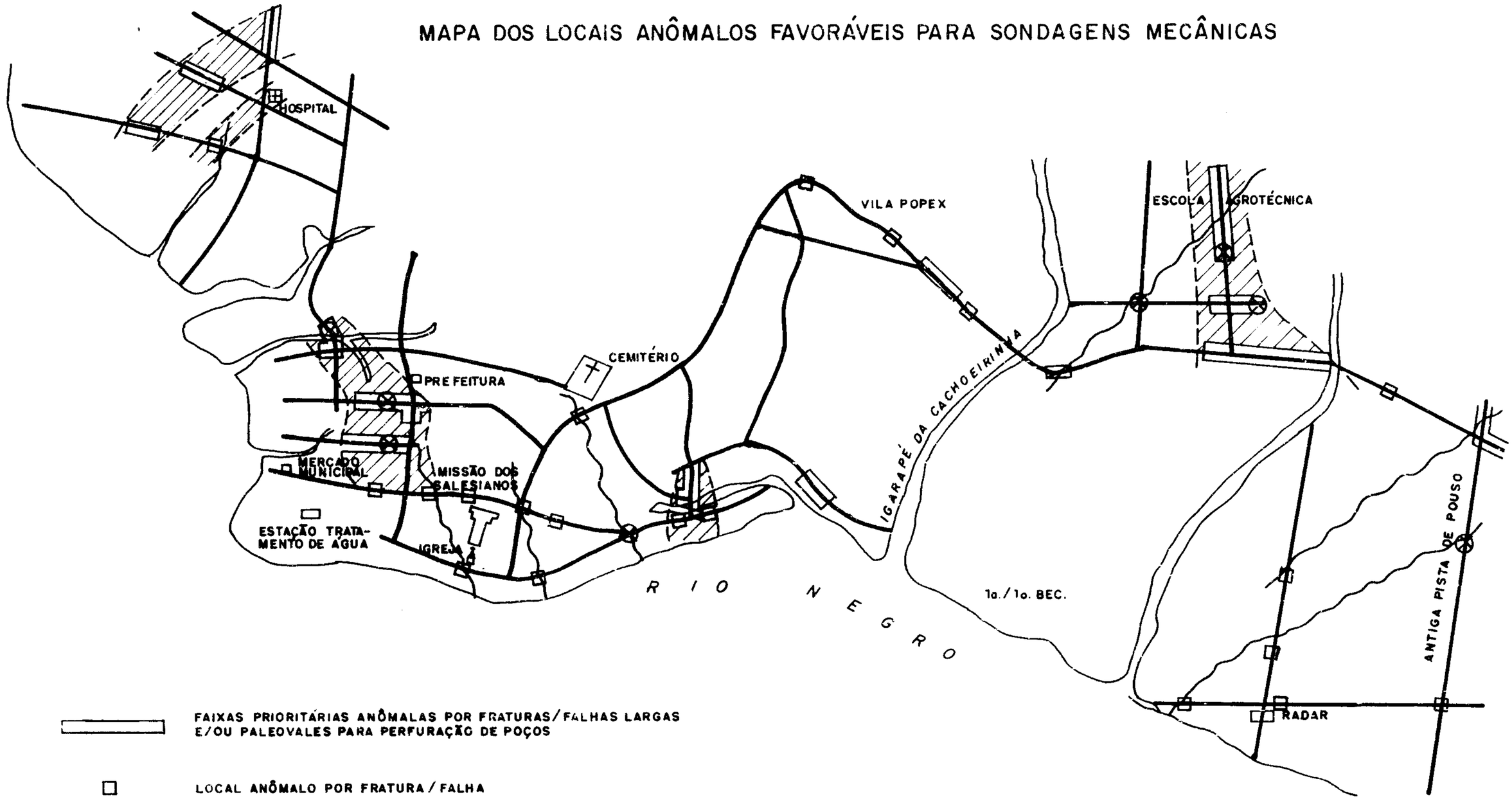
ELETRORRESISTIVIDADE
CAMINHAMENTO ELETRICO : DIPOLO-DIPOLO
PERFIL : 3E - ESTRADA DO DABARU

Date: 95/03/29
Interpretation: CGA - SUREG/BH

SUREG/MA - APOIO GEOFISICO SUREG/BH

Geosoft Software for the Earth Sciences

MAPA DOS LOCAIS ANÔMALOS FAVORÁVEIS PARA SONDAGENS MECÂNICAS



FAIXAS PRIORITÁRIAS ANÔMALAS POR FRATURAS/FALHAS LARGAS E/OU PALEOVALES PARA PERFURAÇÃO DE POÇOS

LOCAL ANÔMALO POR FRATURA / FALHA

ZONA ANÔMALA

PERFIL GEOFÍSICO

POSSÍVEL FALHA OU FRATURA (A SEREM VERIFICADAS PELA GEOLOGIA)

ALVOS MAIS PROMISSORES PARA SONDAGENS MECÂNICAS

0 200 400 600 m

FIG. 4.3

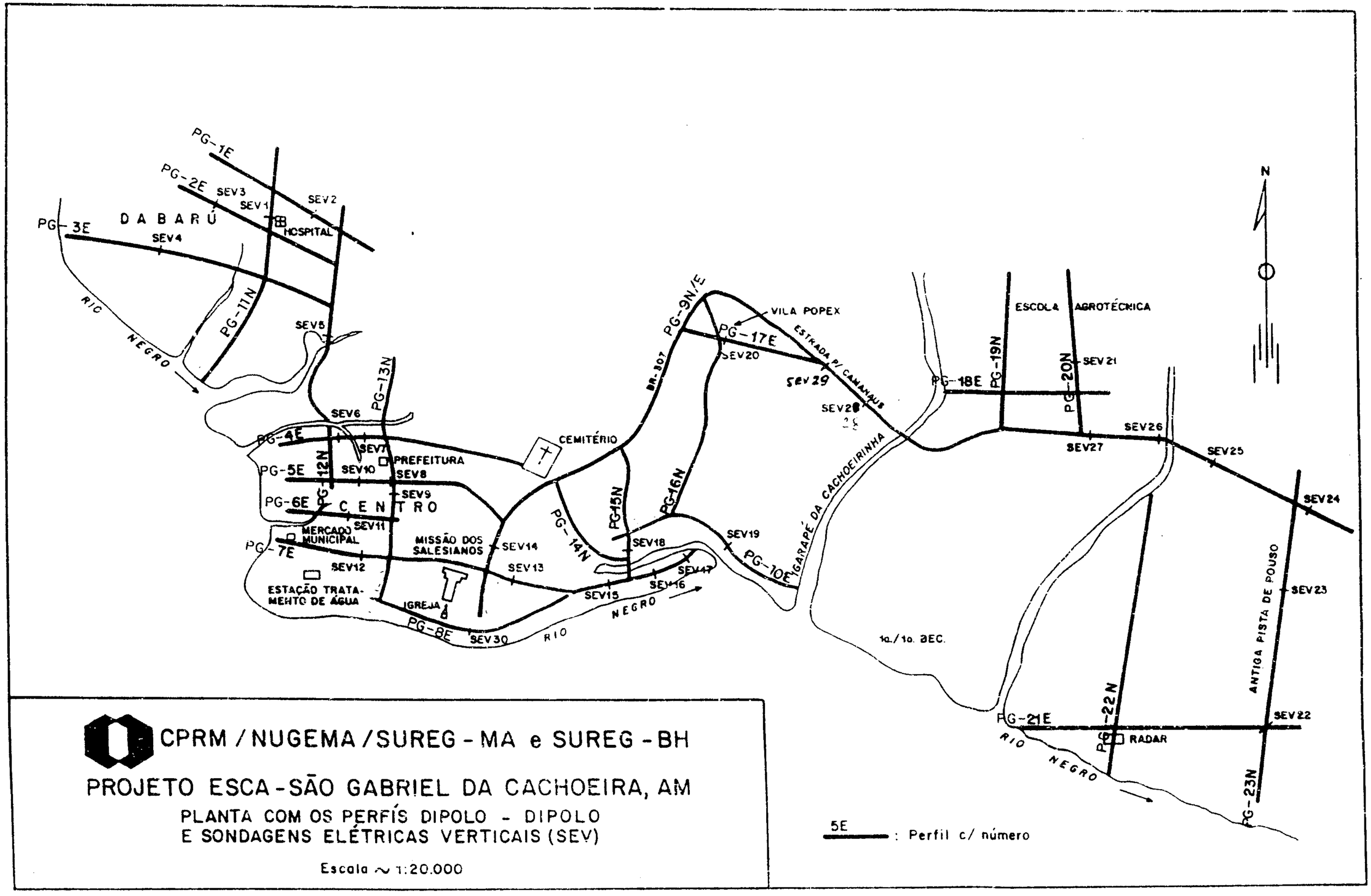

PG-1E
PG-2E
PG-3E
SEV1
SEV2
SEV3
SEV4
SEV5
SEV6
SEV7
SEV8
SEV9
SEV10
SEV11
SEV12
SEV13
SEV14
SEV15
SEV16
SEV17
SEV18
SEV19
SEV20
SEV21
SEV22
SEV23
SEV24
SEV25
SEV26
SEV27
SEV28
SEV29
SEV30
DABARÚ
HOSPITAL
RIO NEGRO
PG-11N
PG-13N
PG-4E
PG-5E
PG-6E
PG-7E
PG-8E
PG-12N
CENTRO
MERCADO MUNICIPAL
PREFEITURA
CEMITÉRIO
MISSÃO DOS SALESIANOS
ESTAÇÃO TRATAMENTO DE ÁGUA
IGREJA
PG-14N
PG-15N
PG-16N
PG-9N/E
BR-307
VILA POPEX
PG-17E
ESTRADA P/ CAMANAUS
PG-10E
GARAPÉ DA CACHOEIRINHA
PG-18E
PG-19N
PG-20N
ESCOLA AGROTÉCNICA
1o./1o. BEC.
ANTIGA PISTA DE POUSO
PG-21E
PG-22N
PG-23N
RADAR
N
5E : Perfil c/ número
CPRM / NUGEMA / SUREG - MA e SUREG - BH
PROJETO ESCA - SÃO GABRIEL DA CACHOEIRA, AM
PLANTA COM OS PERFÍS DIPOLO - DIPOLO
E SONDAGENS ELÉTRICAS VERTICAIS (SEV)
Escala ~ 1:20.000

FIG. 4.4

5 - ALTERNATIVAS PARA O ABASTECIMENTO HÍDRICO

5.1 - Objetivo

Apresentar, resumidamente, o diagnóstico da situação atual de abastecimento d'água no meio urbano da sede municipal de São Gabriel da Cachoeira-AM e as alternativas de soluções para reverter o perfil verificado quanto ao déficit do fornecimento de água potável à população, mediante ações emergenciais e/ou permanentes, no horizonte de 10 anos (1995-2005). Para esclarecimentos adicionais, recomenda-se consultar o relatório específico deste tema que detalha as considerações inseridas nesta síntese.

5.2 - Diagnóstico Sintético

A principal restrição verificada diz respeito à má qualidade da água utilizada para o consumo humano e à falta de investimentos em saneamento básico para ampliar a captação, tratamento e distribuição d'água na quantidade necessária à demanda doméstica, em qualidade compatível com os padrões de potabilidade, definidos pela Portaria nº. 36/GM do Ministério da Saúde. Há um déficit da população abastecida nas áreas periféricas e de expansão da cidade, que se agrava diante da realidade de população flutuante. A operação, manutenção e tratamento d'água do sistema público são precários e há evidências de perdas d'água, admitindo-se que a vazão aduzida seja da ordem de 100 m^3/hora.

As características hidrológicas levam a observar o extraordinário volume d'água de superfície (rio Negro), correndo entre as rochas do embasamento gnáissico do pré-Cambriano, seguido da expressiva pluviosidade da região (uma das mais altas do país) infiltrando-se em terrenos permeáveis, para acumular-se nas fraturas do substrato rochoso, formando um aqüífero do tipo "meio fraturado", conforme as suposições técnicas.

As águas do rio Negro, na altura da tomada da ETA, encontram-se contaminadas, fora dos padrões bacteriológicos. Apresentam cor, odor, oxigênio consumido e gás carbônico em níveis altos. Para fins de potabilidade, deverão sofrer tratamento completo.
As águas aluvionares dos poços freáticos (rasos), há muito usados pela população, mais recentemente com o apoio da Prefeitura, bem como as águas dos igarapés da região, também estão poluídas, com coloração, dureza e gás carbônico elevados.

A água profunda, em geral, é de boa qualidade, em termos físico-químicos e bacteriológicos (ausência de oxigênio dissolvido), o que evita a proliferação de bactérias e se constitui numa reserva estratégica, para uso emergencial.

Embora o déficit d'água de abastecimento seja pequeno, na área abastecida pela atual rede e médio, na área de expansão, a água fornecida é de qualidade ruim, não atendendo aos padrões da portaria 36/GM - MS, de 19/01/90, além do que as concentrações de cor e turbidez têm enorme rejeição da população, devido a água do rio Negro não ser tratada na ETA. A desinfecção atual vem atendendo, parcialmente, os padrões bacteriológicos, apenas reduzindo a quantidade de coliformes fecais e totais presentes na água bruta.

A população periférica das áreas de expansão vem, com auxílio da Prefeitura, retirando água de poços rasos, tipo AMAZONAS, mas que em sua maioria apresentam água de péssima qualidade, de acordo com as análises efetuadas pelo laboratório da COSAMA, em geral com elevadas taxas de coliformes fecais e totais.

Assim é que foram estudadas 3 (três) alternativas, considerando-se soluções a curto (3 meses), médio (6 meses) e longo prazos (12 meses), de acordo com seus custos de investimentos a nível de anteprojeto, para uma decisão em face da verba e tempo disponíveis para solução do problema.

5.3 Sistema Hídrico em Operação

O sistema de abastecimento d'água, em operação pela COSAMA, aproveita 100 m^3/hora das águas do rio Negro, sendo constituído por componentes convencionais (captação, adução, tratamento, reservação e distribuição). A estação de tratamento d'água (ETA- compacta de 100 m^3/hora) está desativada, sendo feita apenas desinfecção com aplicação de cloro na reservação. Suplementarmente, a Prefeitura Municipal de São Gabriel da Cachoeira explora águas de poços rasos, que são elevadas para reservatórios e distribuídas à população difusa, através de torneiras públicas. Ambos os sistemas

apresentam contaminação e as águas são impróprias para o consumo humano. Isto posto, constitui um alerta para as entidades responsáveis pelo abastecimento público tomarem providências urgentes no sentido de adequar a água fornecida aos padrões de potabilidade da portaria no. 36/GM do Ministério da Saúde, que dispõe sobre a qualidade da água para consumo doméstico. As amostras analisadas caracterizaram anomalias físicas, químicas e bacteriológicas. A população deve ter cuidados de proteção ambiental e sanitária, devendo a classe social mais carente usar filtro de barro com vela, ferver a água e, as mais favorecidas, dispor de caixas d'água própria (sistematicamente desinfectadas), podendo, inclusive, utilizar ozonizador portátil, em benefício da própria saúde.

5.4 - Plano de Expansão

A COSAMA dispõe de um plano de expansão capaz de, praticamente, dobrar a capacidade do sistema atual, oferecendo 180 m^3/hora d'água de boa qualidade para a população, mediante investimentos da ordem de 1.7 milhões de reais a preços de abril/95, considerando a correção de 5.5% do orçamento original, referenciado a novembro/94 e taxa de 25% para bonificação das despesas indiretas (BDI).

Esse projeto poderá beneficiar, no horizonte 1995 a 2005, com 180 m^3/hora d'água, até 18 mil habitantes, e com mais 7 poços (cerca de 300.000 reais), atenderá, com folga (16%), à população projetada, até o fim do plano (20.217 habitantes - ano 2005).

O rio Negro dispõe de uma vazão mínima de sete dias consecutivos, com 10 anos de recorrência extraordinária (5,42 milhões de m^3/hora), porém sem dispensar tratamento completo e, para suplementação emergencial ou atendimento difuso, a CPRM identificou 18 (dezoito) locais favoráveis à construção de poços tubulares (08 mais promissores) com água de boa qualidade e vazão média unitária da ordem de 10 m^3/hora, o que totalizaria 180 m^3/hora ou o equivalente à capacidade do plano de ampliação da COSAMA, no que concerne à matéria prima "água". A água subterrânea, imprescindível, deverá ser independentemente distribuída, em relação à rede da COSAMA.

Portanto, recomenda-se à Prefeitura Municipal substituir os poços rasos por poços tubulares profundos (60m a 100m), construídos segundo a boa técnica de engenharia, em locais favoráveis ao armazenamento hídrico no subsolo.

Investimentos aproximados de R$ 82,00/habitantes abastecidos, resolveriam plenamente, o abastecimento d'água no meio urbano da sede municipal de São Gabriel da Cachoeira nos próximos 10 anos (Ano 2005). Custos menores são possíveis, com alternativas emergenciais ou benefícios temporários e parciais.

5.5 - Recomendações Emergenciais

- entendimentos e união de esforços do CISCEA/ COSAMA/ PREFEITURA MUNICIPAL são importantes para viabilizar os recursos necessários à solução dos problemas diagnosticados.
- recuperação imediata na qualidade da água distribuída a população e suprimento do déficit hídrico nas áreas desabastecidas, com o aproveitamento das águas subterrâneas em locais favoráveis, relacionados à perfuração de poços artesianos.
- substituição dos poços rasos por poços profundos.
- promoção de uma campanha de educação ambiental e proteção sanitária, visando orientar a população quanto à utilização racional dos recursos hídricos e à conservação do meio ambiente.

5.6 - Horizonte de Projeto

Recomenda-se, por questões econômicas e financeiras, o horizonte de 10 anos (1995-2005), com investimentos no início e meio do plano de abastecimento d'água.

5.7 - Ligações Domiciliares

Segundo as companhias estaduais de fornecimento público de água (COSAMA) e energia elétrica (CEAM), há um déficit urbano, atual, no atendimento dos serviços por elas prestados da ordem de 30%, na sede municipal de São Gabriel da Cachoeira. Considerando-se a taxa de ocupação de 6 habitantes

por domicílio e a existência de 1.200 ligações de água e 1.270 consumidores residenciais de energia elétrica, a população de 1995, na cidade, em primeira aproximação, está compreendida entre 10.286 a 10.886 pessoas, compatível, portanto, com as projeções originárias do levantamento cadastral feito "*in loco*" pela Companhia de Saneamento do Amazonas (Tabela 5.1).

Ano	População Urbana (hab.)	Razão Geométrica (%)	Projeções Populacionais (hab.)		
			1995	2000	2005
1986	6.384				
1993	9.762	6.255	11.022	14.928	20.217

Tabela 5.1 - Levantamento cadastral da COSAMA na sede de São Gabriel da Cachoeira

5.8 - População de Projeto

Por questão de segurança, e consideração à perspectiva de maior crescimento populacional com a implementação da política estadual de desenvolvimento sustentado, através do "3° Ciclo Econômico do Amazonas", ampliação das instalações do Projeto SIVAM na região e à realidade da população flutuante, adotou-se os resultados indicados na tabela 5.1, ao invés de qualquer simulação populacional apoiada nos levantamentos censitários do IBGE, considerados muito variáveis, já que os mais recentes (1980/91) apresentam desvios significativos (a menor) em relação às projeções supra-referenciadas.

5.9 - Déficit de Abastecimento

A população desabastecida em 1995 e não atendida pelo sistema público é da ordem de 3.822 habitantes. O sistema atual com 100 m^3/hora, se recuperado e suplementado com 20 m^3/hora (dois poços tubulares), pode beneficiar a população, de projeto -11.022 pessoas em 1995, desde que a rede de distribuição seja ampliada. Do contrário, seriam necessários mais poços profundos (60m a 100m), estrategicamente distribuídos na área desabastecida.

5.10 - Vazões de Projeto

Adotou-se como parâmetros de dimensionamento os seguintes: dia de maior consumo (k1=1.25); hora de maior consumo (k2=1.50) e taxa percapta de 200 litros/habitante/dia. Outra premissa é que o sistema de abastecimento público (águas superificiais) cujo projeto de expansão (180 m^3/hora) está disponível na COSAMA, deverá atender pelo menos 85% da população no ano 2005. Portanto, será necessário suplementá-lo com as águas subterrâneas (poços tubulares profundos), para beneficiar áreas com população difusa, sem rede pública de distribuição. Deve-se considerar, ainda, as águas subterrâneas como reserva estratégica para atender a população flutuante e expansões comunitárias imprevisíveis.

ANO	POPULAÇÃO E VAZÃO DE PROJETO			
	Habitantes	Vazão Máx. Diária m^3/h	Vazão Máx. Horária m^3/h	Reservação m^3
1995	11.022	115	173	920
2000	14.928	156	234	1.248
2005	20.217	211	317	1.688

Tabela 5.2 - Parâmetros de Projeto

5.11 - Alternativas de Soluções

Em resumo, foram estudadas 3 (três) alternativas de abastecimento d'água da cidade de são Gabriel, a

curto, médio e longo prazos, para orientar a escolha mais adequada às disponibilidades financeiras. No momento, não foram consideradas os custos de operação e manutenção das diversas opções.

- **Alternativa A**

É a solução permanente para equacionar os problemas de abastecimento d'água no horizonte do ano 2005. Equivale à implantação completa do projeto executivo disponível na COSAMA, com reforço do aproveitamento das águas subterrâneas mediante a perfuração de 07 (sete) poços tubulares profundos, onde 03 (três) deles complementariam a efetiva demanda da rede pública, um atenderia à área do Sítio Radar e os outros 03 (três) constituiriam a reserva estratégica, para beneficiar a demanda difusa e flutuante, ou ainda, substituir poços do tipo amazonas com água de péssima qualidade. Trata-se de uma implantação de longo prazo (12 meses) e com investimentos altos (tabela 5.3), porém de máximo benefício social, correspondendo aproximadamente à aplicação financeira de R$ 82,00/hab. abastecido.

- **Alternativa B**

Implementação parcial do Projeto da COSAMA, com a recuperação da atual ETA e capctação, de 100 m^3/hora, além da ampliação da rede de dsitribuição. Adicionalmente, deverão ser construídos 07 (sete) poços (mínimo de 05) para complementar a demanda hídrica e prover uma reserva estratégica (tabela 5.4). O horizonte desta hipótese é o ano 2.000 (16.320 hab.).

- **Alternativa C**

Trata-se de uma alternativa emergencial, de curto prazo (3 meses), corrigindo as anomalias bacteriológicas, com melhor desinfecção da água captada no rio Negro, sem qualquer expansão de novas ligações domiciliares e perfurando-se 05 (cinco) poços, para substituir os poços do tipo amazonas, mais a demanda do Sítio Radar; vide a tabela 5.5. O alcance está restrito ao ano de 1995.

ALTERNATIVA A	CAPACIDADE (m^3/h)	POPULAÇÃO ABASTECIDA (hab.)	INVESTIMENTOS (R$)	PADRÃO DE POTABILIDADE (Port. 36/GM-MS)
Projeto COSAMA	180	17.280	1.677.273,78	Pleno
Complemento - 3 poços	30	2.880	118.174,05	Pleno
Radar - 1 poço	10	960	39.391,35	Pleno
Reserva Estratégica -3 poços	30	2.880	118.174,05	Pleno
TOTAL	250	24.000	1.953.013,23	Pleno

- Custo por habitante abastecido: R$ 82,00 (aproximadamente)
- Folga de capacidade: cerca de 16%
- Folga populacional: cerca de 16%

Tabela 5.3 - Investimentos da alternativa A

ALTERNATIVA B	CAPACIDADE (m^3/h)	POPULAÇÃO ABASTECIDA (hab.)	INVESTIMENTOS (R$)	PADRÃO DE POTABILIDADE (Port. 36/GM-MS)
Projeto COSAMA - Parcial	100	9.600	900.000,00	Pleno
Complemento - 5 poços	50	4.800	196.956,75	Pleno
Radar - 1 poço	10	960	39.391,35	Pleno
Reserva Estratégica - 1poços	10	960	39.391,35	Pleno
TOTAL	170	16.320	1.175.739,45	Pleno

- Custo por habitante abastecido: R$ 72,00 (aproximadamente)
- Folga de capacidade: cerca de 8%
- Folga populacional: cerca de 8.5%

Tabela 5.4 - Investimentos da alternativa B.

ALTERNATIVA C	CAPACIDADE (m^3/h)	POPULAÇÃO ABASTECIDA (hab.)	INVESTIMENTOS (R$)	PADRÃO DE POTABILIDADE (Port. 36/GM-MS)
Projeto COSAMA	75	7.200	10.000,00	Parcial
Complemento - 4 poços	40	3.840	157.565,40	Pleno
Radar - 1 poço	10	960	39.391,35	Pleno
TOTAL	125	12.000	206.956,75	Pleno

- **Custo por habitante abastecido: R$ 17,00 (aproximadamente)**
- **Folga de capacidade: cerca de 8%**
- **Folga populacional: cerca de 8%**

Tabela 5.5 - Investimentos da alternativa C

5.12 - Conclusões

- A principal fonte de recursos hídricos, em termos quantitativos, reside nas águas do rio Negro, que devem ser usadas para o abastecimento público, mediante prévio tratamento, capaz de assegurar bons padrões de potabilidade para o consumo humano.

- As águas subterrâneas profundas (60 a 100m) são, em geral, de qualidade satisfatória, embora escassas, quantitativamente, limitando-se às áreas fraturadas com potencial de armazenamento e recarga. Sua principal utilidade é o abastecimento de pequenas comunidades em pontos difusos e/ou como fonte de suplementação eventual ao sistema público de abastecimento d'água.

- O ponto crítico é a falta de investimentos financeiros no segmento da infra-estrutura dos componentes do sistema de abastecimento d'água, para atender o crescimento das demandas populacionais, consumo doméstico. Deverão ser assegurados recursos para operação, manutenção, campanhas de educação e proteção sanitária dos mananciais hídricos.

- Existem alternativas de soluções emergenciais (baixo custo) e permanentes (médio custo), correspondentes a um sistema misto que requer recursos financeiros da ordem de até R$ 2.0 milhões para resolver definitivamente a questão do abastecimento hídrico nos próximos 10 anos (1995-2005), de modo pleno em termos quantitativos e qualitativos. O desembolso pode ser modulado e priorizado na amplitude do horizonte do plano. O custo é função da alternativa selecionada, podendo ser reduzido através de cortes na reserva estratégica.

- Considerando o aproveitamento imprescindível do plano de expansão da COSAMA (180 m3/hora), ainda serão necessárias a perfuração e instalação de pelo menos 7 (sete) poços tubulares até o ano 2005, com objetivo de constituir uma reserva estratégica segura.

- O número de poços não deve ser inferior a 5 (cinco), devido ao fato dos custos unitários das perfurações aumentarem em função da mobilização e desmobilização dos equipamentos.

- Observou-se que a reservação prevista está aquém de 1/3 do consumo máximo diário em termos de volume, naturalmente por questões econômico-financeiras e caracterização de um maior avanço em relação a reservação atual dos 100 m^3. A capacidade máxima de atendimento do projeto disponível na COSAMA está limitada a 180 m^3/hora (18.000 hab.). Para demandas maiores o projeto da COSAMA deve ser redimensionado, e ou usada uma alternativa mista com aproveitamento das águas subterrâneas independentemente do uso das águas superficiais.

- Entende-se que a alternativa "A" é a mais viável, até porque pode ser implementada gradualmente, procurando-se ajustar o cronograma físico às disponibilidades financeiras anuais, procurando-se, atender plenamente, no mínimo, às demandas de cada ano.

6 - ASPECTOS AMBIENTAIS RELACIONADOS COM A EXPLOTAÇÃO DA ÁGUA EM SÃO GABRIEL DA CACHOEIRA - AM

6.1 - Introdução: água e saúde

Um dos dilemas que afligem os administradores de recursos públicos nos países em desenvolvimento, como o Brasil, reside na priorização dos investimentos. Não há saúde pública condígna, porquanto os recursos disponíveis são insuficientes para propiciá-la a grandes contingentes da população; igualmente, não se tem escolarização e/ou profissionalização adequadas, gerando uma sofrível produtividade, que culmina com baixa renda nacional e *percapita*. Este quadro, caracterizado por um ciclo vicioso de *pobreza versus baixa produtividade*, cada vez mais sobrecarrega e "esmaga" o Estado, que não consegue atender as demandas de investimentos em saneamento básico.

Após décadas de "perplexidade" perante essa situação, que emociona e constrange o intelecto, começa a ficar claro que o referido *ciclo vicioso* pode ser quebrado, desde que haja investimentos no binômio saúde/educação. No tocante à saúde, mais do que investir na cura das moléstias, é preciso ir às causas das mesmas, principalmente daquelas que mais devastam a capacidade produtiva do nosso povo e que são, indubitavelmente, oriundas do consumo d' água impura, como as infecções intestinais, desidratação, hepatites , diarréia, tifo, cólera, etc.

Um grande número de doenças, inclusive as associadas à mortalidade infantil, estão associadas ao consumo de água de má qualidade. Assim, prover água potável equivale a investir, preventivamente, em saúde pública. Aqui, uma reflexão: é incrível como num país com o enorme potencial hídrico do Brasil, tanto em águas superficiais como subterrâneas, tenhamos tantos problemas de disponibilidade de água potável, para o consumo humano. As causas dessa situação, vale dizer, da absurda poluição dos nossos mananciais, principalmente os superficiais, advêm do uso indiscriminado do espaço territorial, sem planejamento e/ou controle. Por maiores que sejam os recursos hídricos providos pela natureza, se não houver uma firme decisão em administrá-los corretamente, com certeza estaremos fadados a inutilizá-los ou a termos que investir, futuramente, vultuosas somas em tratamentos corretivos, a não termos que adotar alternativas de abastecimento mais dispendiosas - com captação a longas distâncias ou a grandes profundidades.

RESUMINDO: Sem planejamento, não há futuro previsível para os nossos recursos hídricos, que seja desejável. Portanto, a água é, hoje, uma questão de segurança pública. Não tratar o assunto com a devida seriedade, configura-se em grave falha administrativa, contrária ao interesse e segurança nacional.

6.2 - Uso e qualidade da água

O que se entende por qualidade da água?

Existem diferentes graus de qualidade da água, em função do uso a que ela se destina:

- consumo humano
- consumo animal
- irrigação
- lazer
- energia (hidráulica)
- navegação
- meio dispersor

Naturalmente, o uso mais restritivo (em relação à pureza) é o que se destina ao consumo humano; nesse caso, o padrão mínimo de potabilidade é aquele indicado na Tabela 1.6 do Capítulo de Hidrologia .que apresenta valores preconizados pelo Ministério da Saúde.

Outras propriedades importantíssimas da água são o seu aspecto, sabor e odor, mesmo que isso, muitas vezes, não tenha qualquer relação com o fato dela ser nociva ao consumo. Assim, águas escuras, como as do rio Negro, ou sulfurosas como as de certas regiões ricas em complexos rochosos alcalinos, certamente não são potáveis do ponto de vista do consumo humano, tanto que, no cadastramento das fontes d'água em S.Gabriel da Cachoeira, observou-se que ninguém consome a água do rio (ou, mesmo, da rede pública) em função da sua cor, preferindo beber a água "límpida" (mas normalmente poluída) das fontes naturais existentes no perímetro urbano, utilizada sem qualquer monitoramento.

No presente caso, em que os estudos de qualidade e disponibilidade hídrica apontam para o

aproveitamento misto das águas superficiais e subterrâneas, pelo menos no curto e médio prazos, os aspectos de preservação ambiental dos dois mananciais despontam por sua importancia e não estão, portanto, dissociados do planejamento necessário ao uso e ocupação do território municipal - o quintal, extensão da casa de cada habitante do município e, portanto, um patrimônio comum.

6.3 - Uso e ocupação do espaço urbano

O correto planejamento do uso e ocupação do território urbano deve seguir um roteiro metodológico que conduza à sucessiva tomada de decisões racionais, de forma a que o conjunto se caracterize pela harmonia entre os diversos usos planejados. Inicialmente, devemos partir da premissa que o homem, ao ocupar um território, irá apropriar-se de uma certa quantidade de recursos ambientais: espaço, solo, biomassa, água, materiais de construção, minerais e a própria transformação da paisagem. O uso racional consiste, não somente em consumir a menor quantidade possível dos recursos ambientais, mas em propiciar que eles estejam disponíveis para as próximas gerações, em outras palavras; que do ponto de vista ambiental sejam auto-sustentáveis ou auto-renováveis (contrariamente, para os recursos minerais, em geral, não há renovação, constituindo-se a água, contudo, numa notável exceção) .

6.4 - Recursos naturais

Os recursos naturais, isto é, aqueles que o meio ambiente pôs à disposição do homem para satisfazer as suas necessidades, ou deles tirar proveito, são os seguintes:

- água;
- solos;
- materiais de construção;
- bens minerais;
- recursos bióticos ou de biomassa (fauna e flora);
- locais de beleza cênica: paisagem;
- clima;
- vias de comunicação naturais (rios, lagos, oceanos);
  energia natural (hidráulica, eólica, marés,etc).

Somente a compreensão da natureza, de seu funcionamento e do cuidado que se deve ter em preservar o delicado equilíbrio entre as suas partes componentes, nas quais se inclui o meio antrópico, é que propiciará uma convivência harmoniosa e proficua.

Didaticamente, o uso e ocupação que se faz, tipicamente, num espaço municipal, pode ser assim esquematizado:

- **habitação**
- **comércio**
- **áreas públicas**
  - centro administrativo
  - praças
  - logradouros
  - ruas e avenidas
  - parques
  - áreas de preservação ambiental
  - rios e áreas de marinha
- **infra-estrutura**
  - rodoviária
  - aeroporto
  - porto
  - administração pública
  - correio
  - telecomunicações
  - radiocomunicação
  - mercado público
  - clubes e ginásios de esporte
  - escolas
  - polícia
  - bancos
  - hospitais
  - postos de gasolina
  - lavagem de veículos
  - oficinas
  - turismo e lazer
- **áreas militares**
- **campus universitário**
- **outros complexos de educação e pesquisa**
- **áreas especiais**
  - distritos industriais
  - centrais de abastecimento
  - disposição de rejeitos
    - sólidos:lixo
    - líquidos: esgoto
  - cemitérios
- **áreas rurais**
  - plantio
  - criação
  - extrativismo

Cada uso relacionado exige um planejamento adequado, quanto ao impacto ambiental dos recursos

ambientais demandados, para que se atinja a almejada racionalidade ocupacional. Planejar o espaço urbano e periurbano (rural) é como planejar uma casa, cada coisa tem o seu melhor lugar, às vêzes um único lugar racional.

Aspectos ambientais da engenharia de trânsito (poluição aérea e sonora) têm que ser considerados na localização de aeroportos, rodoviárias, escolas e hospitais, por exemplo.

No que tange ao assentamento das novas populações, há que se ter em mente as características geotécnicas dos terrenos a serem loteados, evitando-se situações que impossilitem a drenagem das águas superficiais, implantação de redes de esgoto ou conduzam à erosão de solos (vossorocamento) e à poluição dos aqüiferos subterrâneos.

Questões de saúde e conforto público têm que ser tomadas em conta na alocação de áreas para disposição de rejeitos sólidos - com atenção especial para os rejeitos hospitalares e os cemitérios (quase sempre esquecidos).O mesmo se aplica aos rejeitos líquidos (esgotos) e às áreas reservadas a atividades industriais, centrais de abastecimento e cinturões verdes.

Para o desenvolvimento sustentável e econômico das áreas rurais, é preciso o conhecimento do solo, suas aptidões e fragilidades, constituição e propriedades de sua cobertura vegetal e o regime das drenagens.

No tocante à preservação ambiental, patrimônio genético, pesquisa científica, educação e o próprio lazer, requer-se legislar e investir na implantação e administração de áreas especificamente destinadas à essas finalidades - APAs e PARQUES.

Finalmente, é preciso um grande esforço e muita vontade política para implementar todas as ações preconizadas. O "lucro"a ser obtido, contudo, não é pequeno, pelo contrário, é refletido em melhor qualidade de vida, no aspecto de saúde pública e mais prazer de estar num lugar agradável, como também, dentre outras, no âmbito das atividades econômicas. Progressivamente o afluxo de pessoas e capitais está ficando cada vez mais seletivo em relação às condições de vida que os núcleos urbanos oferecem.

Ainda não são muitas as cidades que podem utilizar como propaganda, para atrair investimentos, inclusive financiamentos de obras públicas, uma boa qualidade de vida e infra-estrutura de apoio aos empreendimentos Isto só é obtível através de um correto planejamento.

6.5 - Recursos hídricos e sua preservação, em São Gabriel da Cachoeira

Como já nos referimos anteriormente, o núcleo urbano de São Gabriel da Cachoeira dispõe de duas fontes d'água: o rio Negro, que possui uma vazão mínima da ordem de 1139 m^3/s, capaz, portanto, de abastecer diversas vezes a população de São Gabriel e as águas subterrâneas, representadas pelo lençol freático, próximo à superfície e as águas mais profundas, acumuladas em zonas de alteração, desenvolvidas ao longo de regiões fendilhadas do substrato rochoso.

Cada situação por suas peculiaridades merece análise isolada.

6.5.1 - Abastecimento por captação d'água no rio Negro

De acordo com os levantamentos efetuados, os principais problemas verificados residem no fato da captação dar-se a margem de área já urbanizada. Apesar do enorme volume d'água do rio, pode-se prever que a dispersão efetiva é muito menor do que aquela que ocorreria se a captação fosse feita no meio do caudal. A cidade, contudo, já se expandiu a montante da captação - aliás, é para lá que se verifica o principal vetor de crescimento e, tendo em vista que não existe esgoto canalizado, todas as águas servidas e muito do lixo urbano são lançados diretamente na margem esquerda do rio. O leito deste, por vários quilômetros corrente abaixo, encontra-se coalhado de dejetos não degradáveis, tais como: vidros, metais e plásticos, principalmente. A qualidade da água captada, nessa situação, é bastante baixa. As análises de controle, efetuadas pelo presente projeto, indicam poluição elevada na margem direita, esquerda (captação), e no meio do rio Negro.A isso se acresce a dificuldade e a precariedade do tratamento da água captada, que recebe, tão somente, adição de cloro.

O resultado é uma água que, na rede de distribuição, apresenta coliformes fecais, muito escura - cor de café, tato limoso, que os habitantes de São Gabriel se

recusam a tomar ou, até, usar para lavagem de roupa.

Providências como efetuar a captação no canal central do rio Negro, a montante da cidade, melhorariam a qualidade da água aduzida, diminuindo bastante o risco à contaminação; contudo, a cor e turbidez da água só podem ser eliminadas com um adequado e oneroso processo de tratamento.

6.5.2 - Abastecimento através de poços subterrâneos

Esta é a opção adotada por significativa parcela da população, com o apoio, inlusive, da administração pública municipal. No levantamento hidrogeológico conduzido por este projeto, cadastraram-se 02 fontes e 138 poços construidos no lençol freático, além de 18 poços tubulares (10 com no mínimo 20 metros). As fontes consistem de surgências espontâneas, associadas a fraturas no maciço rochoso, cuja qualidade da água é muito dependente da existência de vetores de poluição nas proximidades, especialmente habitações. Os poços do tipo amazonas, sejam particulares ou construídos pela prefeitura, localizam-se em baixões, normalmente em forma de anfiteatro, captando água do freático quase no nível do córrego. Mais uma vez, a qualidade da água é sensivelmente afetada pela existência de moradores (suas fossas e depósitos de lixo), em posição topográfica mais elevada.

Finalmente, temos os poços tubulares, em princípio, melhor protegidos da poluição, mas que, nem por isso, dispensam planejamento e manejo adequado nas áreas de recarga (infiltração das águas de chuva no solo). Em conclusão, se não forem adotadas medidas preventivas, quanto à poluição dos mananciais profundos, corre-se o risco de contaminá-los no médio prazo. As medidas requeridas são: vetar a construção de fossas sépticas e proibir lançamento de efluentes nas áreas de recarga das fraturas.

6.5.3 - Análise dos vetores de poluição

6.5.3.1 -Águas superficiais: do ponto de vista da captação, são considerados potencialmente perigosos todos os efluentes atirados no rio, a montante da captação. Pensando-se em saúde pública, de um modo mais amplo, as praias localizadas em frente à Av. Sete de Setembro, até o Hotel da Ilha e o Primeiro Batalhão, habitualmente utilizadas para o banho, são prejudicadas pela contaminação de substâncias neste intervalo ou a montante, (como os dejetos jogados nos córregos, no bairro Dabaru). Igualmente, a lavagem de veículos que ocorre logo após a captação, também contribui para a degradação ambiental. Por outro lado, verifica-se que o leito do rio se encontra poluído por grande quantidade de resíduos, como garrafas, plásticos, canos, latas e outros materiais de difícil degradação. Presumivelmente, uma parte dessa poluição provém das embarcações que navegam pelo rio. Conquanto a poluição seja mais visual, afora o perigo de acidentes para os banhistas, a qualidade do rio fica seriamente comprometida, do ponto de vista turístico. A solução desse tipo de problema passa pela educação ambiental e conscientização dos habitantes locais, quanto à importância do rio para a economia local.

Os principais vetores de poluição identificados ou potenciais são os seguintes:

- córregos poluídos;
- áreas de atracamento de barcos; (manuseio de combustível);
- lavagem de veículos;
- esgotamento clandestino;
- navegação fluvial;
- fossas residenciais.

Medidas para prevenir e mitigar essas situações, que poderiam ser apontadas, incluem:

(1) - mudar o local de captação d'água da Estação de Tratamento da COSAMA para a porção mediana do rio Negro a montante do núcleo urbano;

(2) - mudar o local de lavagem de veículos;

(3) - prover a orla de praia, ao longo da Av. Sete de Setembro, com sistema de esgotamento (coletor) e um emissário que lance os esgotos na parte mediana (canal) do rio, a juzante da área urbana.

(4) - construir um atracadouro para pequenos barcos, com melhores condições de carga/descarga.

(5) - implantar um programa de educação ambiental.

6.5.3.2 - Águas subterrâneas: para que a opção pelo uso da água subterrânea revista-se de vantagens, anteriormente enumeradas, entre as quais a composição natural, que dispensa o tratamento, é

preciso que sejam tomados alguns cuidados para evitar-se a poluição dos reservatórios subterrâneos. Dado o tipo e o local do armazenamento geológico, verificado através dos estudos geológico/geofísicos é preciso, apenas, que as áreas de recargas superficiais, isto é, aquelas áreas em que a água da chuva vai infiltrar-se para reabastecer os aqüíferos subterrâneos, sejam protegidas contra o lançamento de substâncias poluídoras, como o lixo, resíduos químicos, águas servidas e de fossa.

São, portanto, potencialmente perigosos para as águas subterrâneas:
- postos de gasolina;
- postos de lavagem;
- oficinas mecânicas;
- fossas sépticas;
- lixo enterrado;
- cemitérios;
- lixões e aterros sanitários.

Uma vez obedecidas as restrições indicadas, os habitantes de São Gabriel da Cachoeira poderão dispor do precioso líquido, com segurança e perenemente.

6.6 - Recomendações finais: Uma das limitações à proteção ambiental na área urbana e suas adjacências reside na falta de cartografia geomorfológica, geotécnica e o cadastramento dos vetores de poluição.

Outra obra de grande importância para o planejamento público, consiste no recobrimento aerofotográfico em escala de detalhe (<1:10.000). As fotografias aéreas, hoje disponíveis, em escala pequena (1:70.000 e 1:100.000), não são adequadas para o planejamento urbano ou para trabalhos de levantamentos geotécnicos e geomorfológicos de detalhe.

Igualmente, imagens de radar e satélite não se prestam para este propósito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CCSIVAM- Comissão para Construção do Sistema de Vigilância da Amazônia. Estudo de Impacto Ambiental (IEA) e Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente (RIMA) para a Implantação da PCH (2,6 MW) de São Gabriel da Cachoeira, AM. RR Consultoria Ltda.

CEAM - Companhia Energética do Amazonas - Plano de Controle Ambiental para o Período Construtivo da PCH - São Gabriel da Cachoeira.

CODEAMA - Centro de Desenvolvimento, Pesquisa e Tecnologia do Estado do Amazonas - Perfil Municipal; Município de São Gabriel da Cachoeira. 1990. Manaus.

COSAMA - Projeto do Sistema de Abastecimento de Água - São Gabriel daCachoeira - Memorial COSAMA, Manaus, nov de 1994;

CPRM - Cia. de Pesquisa de Recursos Minerais. Prospecção Hidrológica no Núcleo Urbano de Redenção - PA. Belém, 1994.

CPRM - Maia Neto, Ramiro, F.- Projeto Abastecimento Hídrico e OrdenamentoTerritorial do Município de São Gabriel da Cachoeira, Estado do Amazonas - Relatório de Hidrologia - Versão Preliminar - contrato nº 001/PR/95 Manaus -Fev./95;

CPRM/ESCA - Engenharia de Sistema de Controle e Automação S/A; Alternativas para o Abastecimento Hídrico de São Gabriel da Cachoeira - Relatório Sintético de Hidrologia - GATE - Amazônia 194 - SP.

DNAEE - Sistema de Informações Hidrometeorológicas (S.I.H).

FELDMANN, F. - Guia da Ecologia. São Paulo, 1992.

GOULDING, M.; CARVALHO, M.L.; FERREIRA, E.G - Rio Negro, Rich Life in Poor Water. SPB Academic Publishing, 1988. Hague, Netherlands.

IBGE - Censos Demográficos de 1980 e 1991 (nº 4 - Amazonas) - IBGE 1991/RJ;

IBGE - Recursos Naturais e Meio Ambiente: Uma visão do Brasil; Rio de Janeiro - 1993.

IBGE/SUDAM - Projeto de Zoneamento das Potencialidades dos Recursos Naturais da Amazônia Legal - Rio de Janeiro, 1990.

INPA - Santos, A. - Ácido Úmico e Ácido Fúlvico no Sedimento de Dois Lagos na Amazônia Central (Lago Caiané - Rio Negro e Lago Jacaretinga - Careiro) Manaus - 1978;

LIMA, M.I.C. de - Compartimentação lito-estrutural do Cráton Amazônico (Brasil) e suas potencialidades metalogenéticas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2, Belém, 1985. Anais ... Belém, SBG, 1985. V.3, p. 62-78.

MARCHESI, G. - Tra Fiumi e Foreste can Le Tribu Del Rio Negro D'Ammazzonia, 1925.

MELO, A.F.F. de - Projeto Alto Rio Negro. CPRM, 1993.

NIMER, E. - Climatologia do Brasil. IBGE. Rio de Janeiro, 1989.

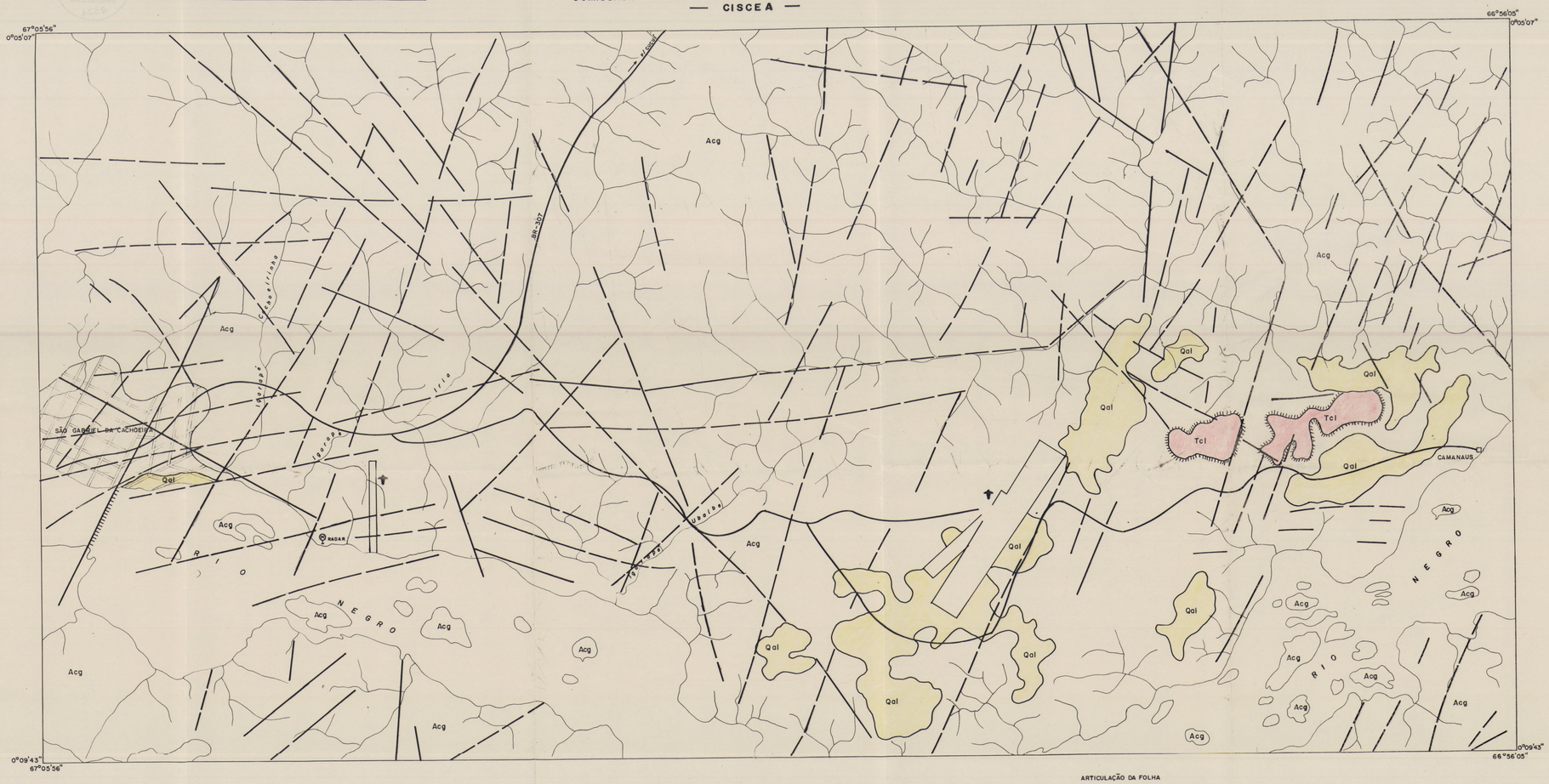
SERFATY, S. - Planos Diretores de Abastecimento d'Água - Contribuição à sua Implantação. Água em Revista. CPRM, 1995.

UNESCO/ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos - Water Management of the Amazon Basin. 1981.

ENGENHARIA DE SISTEMAS DE CONTROLE
E AUTOMAÇÃO / SA — ESCA

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
— O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL —

COMISSÃO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO
— CISCEA —



LEGENDA

QUATERNÁRIO

Aluviões — Qal — Argilas, areias e cascalhos

TERCIÁRIO

Lateritos — Tcl — Concreções lateríticas-piçarra

ARQUEOZÓICO

Complexo Cauaburi — Acg — Granodiorito, tonalitos e granitos -gnaisses milonítico a protomilonítico

Contato definido
Falha
Fraturas
Estrada
Pista de pouso
Cidade
Localidade
Drenagem principal
Drenagem secundária
Cachoeira
Radar

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA 1995

NM NG 1°32'

CRESCE 8' ANUALMENTE

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

RIO UAUPÉS NA.19-Z-C	PICO DA NEBLINA NA.19-Z-D	SERRA IMERI NA.20-Y-C
RIO CURICIURIARI SA.19-X-A	SÃO GABRIEL DA CACHOEIRA SA.19-X-B	SA.20-V-A
SA.19-V-C	SA.19-X-D	SA.20-V-C

ÁREA TRABALHADA

ALTERNATIVAS PARA O ABASTECIMENTO HÍDRICO DO MUNICÍPIO DE SÃO GABRIEL DA CACHOEIRA – AM

MAPA GEOLÓGICO

ESCALA 1:25.000

500 0 500 1000 1500 2000 m

ABRIL / 95

ANEXO I

ENGENHARIA DE SISTEMAS DE CONTROLE
E AUTOMAÇÃO / SA — ESCA

COMISSÃO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO
— CISCEA —

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
— O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL —

LEGENDA

- ALVOS MAIS PROMISSORES PARA SONDAGENS MECÂNICAS
- FAIXAS ANÔMALAS INDICADAS PELA GEOFÍSICA (ELETRO-RESISTIVIDADE)
- DIREÇÃO DE FLUXO
- DRENAGEM
- CURVAS DE NÍVEL
- PG-13 PERFIS GEOFÍSICOS

ALTERNATIVAS PARA O ABASTECIMENTO HÍDRICO DO MUNICÍPIO DE SÃO GABRIEL DA CACHOEIRA – AM

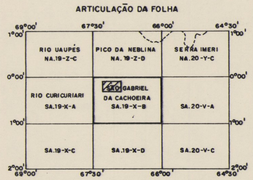
MAPA DO POTENCIAL HIDROGEOLÓGICO

ESCALA 1:10.000

200 0 200 400 600 800 m

ABRIL / 95

ARTICULAÇÃO DA FOLHA



ÁREA TRABALHADA

ANEXO II