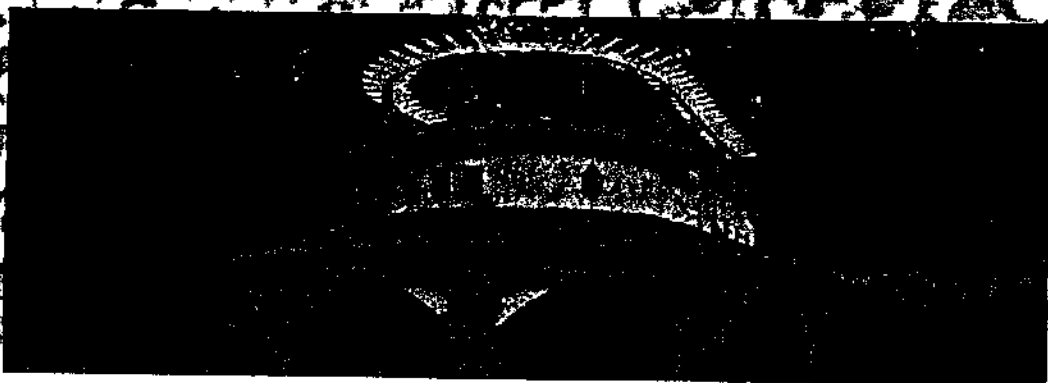


Projeto Araxá.

**Estudo Geoambiental
das Fontes Hidrominerais**



GOVERNO FEDERAL

Fernando Henrique Cardoso
Presidente

Rodolpho Tourinho Neto
Ministro de Minas e Energia

Luciano de Freitas Borges
Secretário de Minas e Metalurgia

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Geraldo Gonçalves Soares Quintas
Diretor-Presidente

Paulo Antônio Carneiro Dias
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Thales de Queiroz Sampaio
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

José de Sampaio Portela Nunes
Diretor de Administração e Finanças

Cássio Roberto da Silva
Chefe do Departamento de Gestão Territorial

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

Osvaldo Castanheira
Superintendente Regional

Nelson Baptista de Oliveira Resende Costa
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Fernando Antônio de Oliveira
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Jayme Álvaro de Lima Cabral
Supervisor da Área de GATE

Haroldo Santos Vianna
Chefe do Projeto

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Itamar Augusto Cautiero Franco
Governador

Newton Cardoso
Vice-Governador

SECRETARIA DE ESTADO DE MINAS E ENERGIA

Paulino Cícero de Vasconcellos
Secretário de Estado

José Fernando Coura
Superintendente de Recursos Minerais

COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS

Henrique Eduardo Ferreira Hargreaves
Diretor-Presidente

Marco Aurélio Martins da Costa Vasconcelos
Diretor de Administração e Finanças

Luís Márcio Ribeiro Vianna
Diretor de Desenvolvimento e Controle de Negócios

Marcelo Arruda Nassif
Coordenador de Apoio Técnico Operacional

Minas Gerais. Secretaria de Estado de Minas e Energia
Estudo Geoambiental do Barreiro; município de Araxá -
MG.

Organizado por Haroldo Santos Viana, Elisabeth
Guelman Davis, Décio A. C. Beato, Jayme A. de L. Ca-
bral. - Belo Horizonte: 1999.

125p.

1. Projeto Araxá - 2. Barreiro de Araxá - 3.
Geoambiental - I - Título. II - VIANA, H.S., org. III - DAVIS,
E.G. IV - BEATO, D.A.C. V - CABRAL, J.A. de L.

Direitos desta edição: COMIG/CPRM.

É permitida a reprodução desta publicação, desde que
mencionada a fonte.

CDU 577-4

EQUIPE TÉCNICA DE ELABORAÇÃO

Caracterização Geológica

Uso e Ocupação do Solo

Geólogo: *Haroldo Santos Viana*

Hidrologia e Qualidade das Águas Superficiais

Engenheira: *Elizabeth Guelman Davis*

Hidrogeologia

Geólogo: *Décio A. C. Beato*

Zoneamento Ecológico-Econômico

Engenheiro/Geólogo: *Jayme Álvaro de Lima Cabral*

EQUIPE DE APOIO

Elizabeth de Almeida Cadete Costa – Diagramação e Arte Final

Maria Madalena Costa Ferreira - Bibliotecária

Rosângela Gonçalves Bastos Souza - Geógrafa

Rosemary Corrêa - Desenho Cartográfico

Terezinha Inácia de Carvalho Pereira - Digitalização

Valdiva de Oliveira - Editoração

Edição original

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

DRI - Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Av. Pasteur, 404 - CEP 22290-240, Urca - Rio de Janeiro, RJ.

PABX: (21) 295-0032 - Fax: (21) 295-6647

GERIDE - Gerência de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Av. Brasil, 1731 - CEP 30140-002, Funcionários - Belo Horizonte, MG.

Telefone: (31) 261-0352 - Fax: (31) 261-5585

Edição final

Editora e Serviços Água Branca

Rua Fluorina, 112 - CEP 30280-340, Pompéia - Belo Horizonte, MG.

Telefone: (31) 481-0828 - Fax: (31) 482-1831

E-mail: eab@encontrar.com.br

APRESENTAÇÃO

O projeto Araxá/Barreiro vem demonstrar uma interação entre governo, empresa e comunidade, na busca de conhecimentos para o uso racional dos recursos naturais, em benefício da sociedade, tendo como premissa básica o respeito ao meio ambiente.

A área do projeto é de aproximadamente 2.516 ha, guardando nesse pequeno espaço um complexo de atividades envolvendo mineração, indústria e turismo, reconhecido mundialmente.

O trabalho desenvolvido pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil, em parceria com a Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG, apresenta à comunidade um conjunto de informações sobre o meio físico visando subsidiar a coexistência das atividades econômicas em consonância com a proteção do meio ambiente.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - JUSTIFICATIVAS	3
3 - OBJETIVOS GERAIS	5
4 - SÍNTESE SOCIOECONÔMICA E HISTÓRICO	7
5 - LOCALIZAÇÃO	11
6 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA	13
6.1 - Objetivo específico	13
6.2 - Metodologia	13
6.3 - Geomorfologia	13
6.4 - Geologia regional	14
6.5 - Geologia local	16
6.5.1 - Rochas encaixantes	16
6.5.2 - Rochas intrusivas	18
6.5.3 - Cobertura laterítica	20
7 - USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	25
7.1 - Objetivo específico	25
7.2 - Metodologia	25
7.3 - Principais usos e ocupações	25
8 - HIDROLOGIA E QUALIDADE DAS ÁGUAS DE SUPERFÍCIE	29
8.1 - Objetivo específico	29
8.2 - Metodologia	29
8.3 - Caracterização climática	29
8.3.1 - Características meteorológicas	29
8.3.2 - Parâmetros climatológicos	29
8.3.3 - Precipitação	34
8.3.4 - Evapotranspiração potencial	34
8.4 - Hidrologia superficial	37
8.4.1 - Hidrografia	37
8.4.1.1 - Características hidrográficas e ambientais da sub-bacia do Barreiro/Araxá	39
8.4.2 - Avaliação das disponibilidades hídricas de superfície	42
8.4.2.1 - Levantamento dos dados	42
8.4.2.2 - Análise dos dados fluvimétricos	44
8.4.2.3 - Definição da série histórica	44
8.4.3 - Levantamento de campo	49
8.4.4 - Recomendações	49
8.5 - Qualidade das águas de superfície	49
8.5.1 - Classificação das águas do município	51
8.5.2 - Rede de monitoramento	52
8.5.3 - Parâmetros analisados	52
8.5.4 - Análise dos resultados	53
8.5.4.1 - Córrego da Mata	53
8.5.4.2 - Córrego Baritina	61
8.5.4.3 - Lago da Fonte Andrade Júnior	61

FIGURAS

Figura 1: Mapa de Localização do Complexo do Barreiro	10
Figura 2: Mapa Geomorfológico	15
Figura 3: Mapa Geológico	17
Figura 4: Mapa de Fraturas	19
Figura 5: Carbonatito do Barreiro/Araxá	21
Figura 6: Mapa de Uso e Ocupação do Solo	27
Figura 7: Estação Meteorológica de Araxá	30
Figura 8: Médias mensais compensadas, máximas e mínimas	33
Figura 9: Valores médios mensais	33
Figura 10: Direções e velocidades dos ventos	35
Figura 11: Precipitações médias mensais e número médio de dias de chuva	36
Figura 12: Bacia do rio Capivara	38
Figura 13: Foto aérea de 1964 da área do Barreiro	40
Figura 14: Foto aérea de 1986 da área do Barreiro	41
Figura 15: Mapa Hidrológico	43
Figura 16: Bacias dos rios Capivara, Dourados e Bagagem	45
Figura 17: Sub-bacia do Barreiro	46
Figura 18: Correlação entre os postos de Iraí de Minas e Retiro	50
Figura 19: Sistema de captação da Fonte Beja	69
Figura 20: Vazões da fonte Beja	70
Figura 21: Ilustração esquemática do sistema de captação e distribuição da fonte Andrade Júnior	73
Figura 22: Modelo hidrogeológico da fonte Andrade Júnior	74
Figura 23: Seção esquemática na área da mina de fosfato	76
Figura 24: Esboço das alterações do fluxo subterrâneo decorrente da mina de fosfato, a montante do lago Superior	77
Figura 25: Diagramas de Scholler e Piper das águas do aquífero Barreiro	80
Figura 26: Diagramas de Scholler e Piper das águas do aquífero fraturado	86
Figura 27: Mapa de concentração de bário - junho de 1989	89
Figura 28: Mapa de concentração de bário - junho de 1997	90
Figura 29: Mapa de concentração de cloreto - junho de 1989	91
Figura 30: Mapa de concentração de cloreto - junho de 1997	92
Figura 31: Mapa de isolinhas de condutividade elétrica	94
Figura 32: Sistema DIOS para avaliação do índice de vulnerabilidade do aquífero	98
Figura 33: Aspectos aerofotogramétricos do zoneamento	107
Figura 34: Limites das Zonas em função do Uso da Terra	108
Figura 35: Mapa de Zoneamento Ecológico-Econômico	109

Capítulo 1

Introdução

O projeto Araxá resultou de convênio celebrado entre o Serviço Geológico do Brasil - CPRM e a Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG, visando ao estudo, em parceria, da bacia a montante do Grande Hotel do Barreiro, município de Araxá - MG. A área em estudo perfaz um total aproximado de 2.516 ha, caracterizada pelas sub-bacias dos córregos da Mata, Baritina e Cascatinha, afluentes do córrego do Sal.

O município de Araxá destaca-se como das mais importantes estâncias hidrominerais do Estado de Minas Gerais, com fontes de águas minerais de natureza diversa, além de lamas medicinais, com propriedades terapêuticas incontestáveis.

O Complexo do Barreiro está inserido em contexto geológico onde coexistem jazimentos minerais importantes como nióbio, fosfato e água mineral, hoje tidos como os produtos responsáveis pela atividade industrial e turística, não só do município como de toda a região do Triângulo Mineiro.

O estudo proposto visa fornecer subsídios para harmonizar as atividades socioeconômicas regionais com a preservação da qualidade e do volume das águas minerais do balneário do Barreiro, na tentativa de alavancar a atividade turística na região.

Capítulo 2

Justificativas

Subsidiar o planejamento do uso e ocupação da sub-bacia hidrográfica do córrego do Sal, a montante da estância hidromineral do Barreiro.

Fornecer subsídios para o gerenciamento racional dos recursos naturais da região, com ênfase ao estudo qualitativo e quantitativo das fontes hidrominerais.

Capítulo 3

Objetivos

Produzir o conhecimento básico sobre as fontes hidrominerais e seu entorno, com vistas à avaliação de suas origens, qualificação, quantificação e determinação de medidas de proteção das fontes existentes.

Definir parâmetros para o adequado uso da terra das áreas situadas a montante do Parque Hidromineral, com base nas características do meio físico.

Definir critérios para harmonização da atividade extrativa e de transformação dos recursos minerais existentes com a preservação do meio ambiente.

Capítulo 4

Síntese socioeconômica e histórico

A economia do município de Araxá era, no passado, sustentada praticamente pela agropecuária e pelo pequeno comércio de trocas. Em 1816, foi anunciada oficialmente a existência de águas minerais no município, ocorrendo a partir daí um incremento substancial na economia da região. Mais tarde, com o descobrimento dos jazimentos de nióbio e apatita, e com a exploração destes recursos minerais, o município passou por uma verdadeira revolução econômica. Hoje, as atividades econômicas principais estão relacionadas à mineração e ao turismo, seguidas da indústria de transformação, do comércio e da agropecuária.

Segundo dados do IBGE (*in* INDI 1997), a evolução da população residente no município é a seguinte:

Ano	Urbana	Rural	Total
1970	31.520	4.156	35.676
1980	51.311	2.093	53.404
1991	67.972	1.939	74.063

Segundo dados da Fundação João Pinheiro/Centro de Estatística e Informação - CEI (*in* INDI 1997), a população ocupada por setores econômicos (1980) é a seguinte:

Setores	Nº de pessoas
Agropecuária	2.348
Indústria (1)	7.876
Comércio	1.939
Transporte, Comunicação e Armazenagem	873
Outros Serviços (2)	7.758

- 1 - Inclui indústria de transformação, mineração, construção e serviços industriais e de utilidade pública.
- 2 - Inclui prestação de serviços, atividades sociais, administração pública e outras atividades.

A história do município de Araxá encontra-se bem retratada em acervo bibliográfico abrangente, disponível na Fundação Calmon Barreto, nessa cidade. Magalhães (1945) faz uma abordagem interessante sobre a história do município de Araxá e das fontes do Barreiro. Nesse trabalho, os historiadores mostraram que dois episódios marcaram fortemente a história de Araxá. O primeiro trata-se da conquista da região pelos índios Arachás, em 1766, favorecendo sobremaneira a instalação de agricultores e criadores. O segundo refere-se à transferência, através de decreto, do "Triângulo" da Capitania de Goiás para a de Minas Gerais, em 1816. A esse fato está relacionada a lenda de D. Beja, cujo nome verdadeiro era Ana Jacinta de São José. O ouvidor Joaquim Inácio Silveira da Mota, movido por intensa paixão, raptou-a, provocando um grande escândalo na região. Para amenizar o ocorrido e se vingar do ouvidor de Goiás, que era seu inimigo, aproveitou-se da amizade que detinha junto a D. Pedro I e, por intermédio do príncipe, conseguiu que D. João VI baixasse o alvará datado de 4 de abril de 1816, fazendo com que o julgado de Desemboque e de São Domingos de Araxá fosse desmembrado da Capitania de Goiás e incorporado à de Minas Gerais.

1942 - Inauguração das grandes obras termais de Araxá, no dia 19 de abril.

1945 - O dr. Andrade Júnior verificou a existência das emanações de tório na fonte D. Beja".

Outros fatos relacionados à história do Barreiro, que merecem destaque:

"1947/1948 - Primeira pesquisa de fosfato, realizada pelo Instituto de Pesquisa Industrial de Belo Horizonte, mostrando uma reserva substancial de rocha fosfatada. Barbosa O. (1970).

1960 - A Companhia Agrícola de Minas Gerais S.A. - CAMIG começou a produzir fosfato moído.

1960 - Iniciou-se a exploração da mina de nióbio.

1978 - Foi detectada contaminação na produção de fosfato pela ARAFÉRTIL S.A.

1982 - Foi detectada contaminação das águas subterrâneas por bário, a partir da infiltração de cloreto de bário da barragem B4, pertencente à CBMM. Simultaneamente, alertou-se para os possíveis efeitos causados pelo rebaixamento da mina de fosfato, na qualidade e vazão da fonte Beja".

A partir desse conjunto de problemas iniciou-se uma série de atividades de neutralização do enclave de contaminação e de monitoramento químico e piezométrico de uma série de poços e corpos de água superficiais.

1997 - Reforma das termas, executada pela Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG.

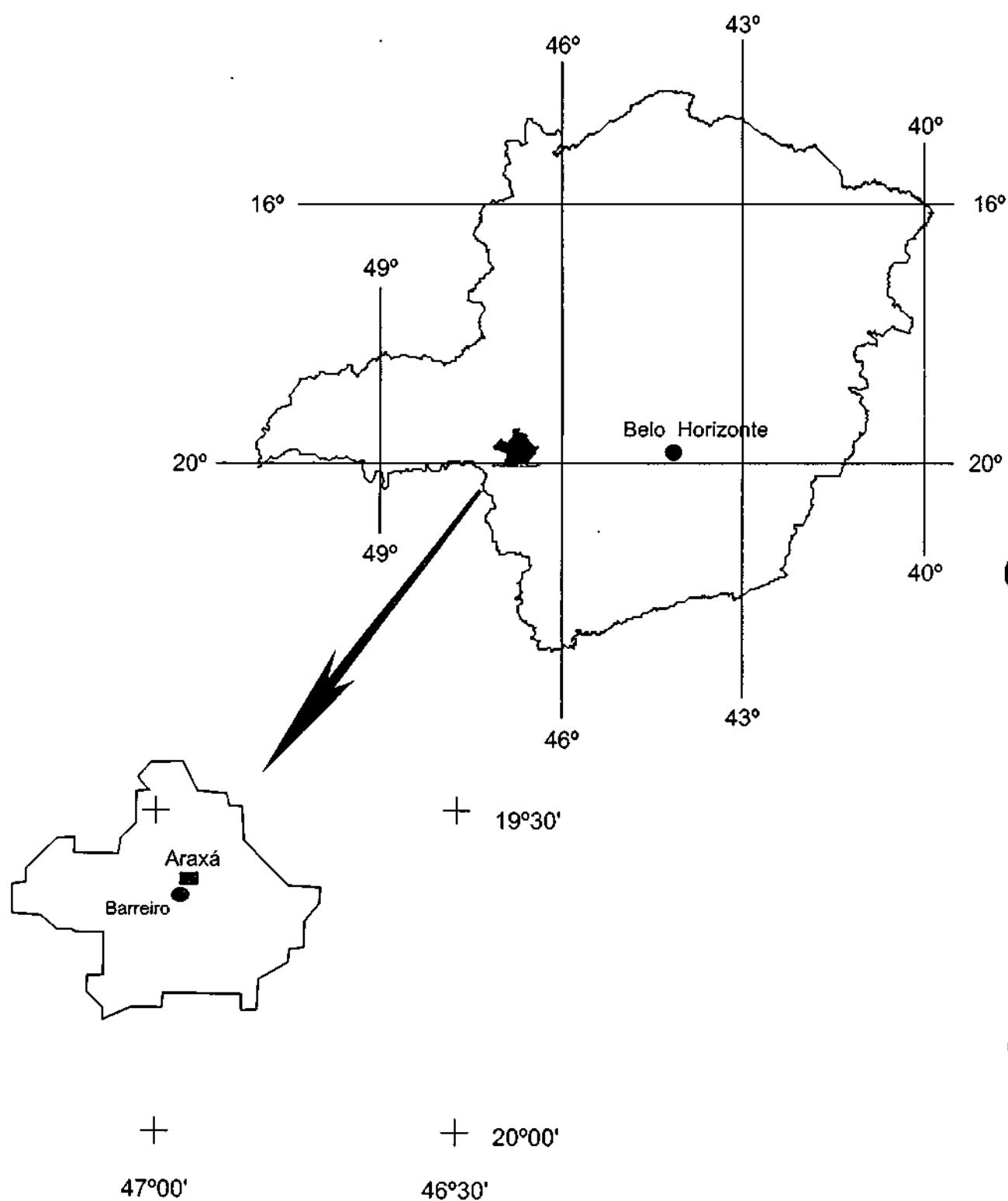


Figura 1 - Mapa de Localização do Complexo do Barreiro.

Capítulo 5

Localização

A área do Barreiro localiza-se no município de Araxá, a aproximadamente seis quilômetros ao sul da cidade, definida pelas coordenadas geográficas 19°38' latitude S e 46°56' longitude W.G. O acesso é feito a partir de Araxá no sentido Arafertil por estrada asfaltada ou pela CBMM, antigo acesso, por estrada revestida de pedra, tipo pé-de-moleque.

O município de Araxá é localizado na região do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, ocupa uma área de 1.166 km², distando 367 km de Belo Horizonte. (figura 1). Possui uma população urbana de 67.972 habitantes e rural de 1.939 (IBGE 1991). É servido por boa malha rodoviária, sendo as principais rodovias BR - 146, BR - 452, MG - 428 e MG - 341, interligando-se aos grandes centros e ao ramal ferroviário da Rede Ferroviária Federal. Possui aeroporto com pista asfáltica, medindo 1.900 m de extensão e 30 m de largura.

Capítulo 6

Caracterização Geológica

O Complexo do Barreiro/Araxá destaca-se economicamente como o mais importante entre os complexos alcalinos do Alto Paranaíba. Encontra-se intrudido em rochas quartzíticas, com xistos subordinados, do Grupo Araxá.

O manto de intemperismo recobre todo o conjunto de rochas do Complexo, contendo importantes depósitos minerais em exploração, como o nióbio, (pandaíta) lavrado pela Companhia Brasileira de Mineração e Metalurgia (CBMM) e o fosfato (apatita) pela Arafertil. A reserva de nióbio destaca-se como a maior do mundo, com 461.7×10^6 t de minério com teor médio de 2,5% de Nb_2O_5 (Issa *et alii* 1984).

O Complexo do Barreiro é formado por rochas plutônicas, de contorno circular, com aproximadamente 4,5 km de diâmetro, com uma área aproximada de 2.516 ha, modelado pelo anel quartzítico, como encaixante, extremamente fissurado e em parte fenitizado.

As rochas que constituem o Complexo são conhecidas através de estudos de testemunhos de sondagens, uma vez que não ocorre rocha plutônica aflorante. Trata-se predominantemente de rochas silico-carbonatadas (predomínio de silicatos sobre carbonatos).

6.1 - Objetivo específico

Levantamento geomorfológico, litológico e estrutural que servirá de base, principalmente, aos estudos hidrogeológicos e ao zoneamento ecológico-econômico.

6.2 - Metodologia

Os primeiros trabalhos foram direcionados ao levantamento de todas as informações disponíveis, nos órgãos estaduais, municipais e nas empresas privadas. De posse dessas informações, foi montada a base cartográfica da área de trabalho, na escala 1:10.000, a partir das bases planialtimétricas cedidas pela CBMM e Arafertil. As coordenadas geográficas mostraram certa incompatibilidade com as do mapa geológico realizado por Grossi Saad *et alii* (1970). Após a compatibilização foi gerada uma base digitalizada, utilizada nas etapas desenvolvidas durante o projeto.

6.3 - Geomorfologia

A área em estudo está inserida no levantamento regional realizado por Barbosa *et alii* (1970). As formas de relevo predominantes são definidas como morros arredondados a ovalados, com encostas suaves e topos aplainados. A altitude máxima verificada no Complexo do Barreiro é de 1.222 m, situada no extremo sul, e o ponto de cota mais baixa é de 935 m, correspondendo ao leito do córrego do Sal. O córrego do Sal é o dreno principal, com as suas nascentes dentro do Complexo, formado pelos córregos Cascatinha, Baritina e da Mata.

Trabalho de cunho local como o de Grossi Sad *et alii* (*op cit*) definiu, na área do Barreiro, quatro superfícies de erosão, correlacionáveis às definidas regionalmente por Barbosa *op cit*. (figura 2).

Superfície I - Corresponde à superfície Canastra (Barbosa 1955 In Barbosa 1970), pós-Gondwana (King 1956 In Barbosa 1970) e Pratinha (Almeida 1956 In Barbosa 1970). Ocorre em uma área restrita, correspondendo a cotas superiores a 1.200 m.

Superfície II - Ocorre entre as cotas 1.100 e 1.200 metros, provavelmente corresponde à Superfície Sul-Americana (King 1956 In Barbosa 1970).

Superfície III - Situada em cotas que variam de 990 a 1.180 metros, caracterizada por morros de encostas muito suaves e topos achatados, correspondendo à Superfície Araxá (Barbosa 1955 *in* Barbosa 1970). Essa superfície torna-se muito importante, uma vez que os depósitos minerais de modo geral estão associados a ela. Os corpos de canga e argilito se formaram durante a sua implantação. A ocorrência de corpos de canga em diferentes níveis, nas margens dos córregos Cascatinha, Baritina e da Mata, atesta a variabilidade climática durante a instalação dessa superfície.

Superfície IV - Corresponde à Superfície Velhas (King 1956 *In* Barbosa 1970), com topo máximo de 990 metros, ocupada em sua quase totalidade por depósitos recentes. Um exemplo desses depósitos foi encontrado junto à Fonte Andrade Júnior, caracterizados por detritos de canga contendo ossadas de *Haplomastodon* e *Megatherium*, de idade Pleistocênica Superior (Foto 11).

Com base nos furos de sonda realizados na área, foi possível determinar a profundidade em que se faz presente a ação do intemperismo. Na parte norte, observa-se que entre 10 e 180 metros encontra-se rocha fresca. Na parte sul, o material decomposto ultrapassa os 200 metros.

No manto intemperizado, verifica-se predominância de solo laterítico e laterita, depósitos de canga bordejando os drenos, além de um pequeno depósito de argilito e colofana (figura 2 e mapa geológico anexo).

6.4 - Geologia Regional

A geologia regional está calcada nos trabalhos do projeto Geologia do Triângulo Mineiro, Barbosa *et alii* (1970), que definiram, nas proximidades de Araxá, a ocorrência de unidades geológicas denominadas de Complexo Granito-Gnáissico, Grupo Araxá, Grupo Canastra, Formação Ibiá, Intrusivas Alcalinas, e as Coberturas.

O Complexo Granito-Gnáissico é constituído por granitos e gnaisses de composição granodiorítica, com intercalações de anfibolitos; consideradas como as rochas mais antigas da área. O metamorfismo mais alto dessas rochas atinge a fácies anfibolito médio. O contato dessa unidade com os xistos do grupo Araxá torna-se extremamente difícil, devido à profunda decomposição das rochas e ao considerável aplainamento atuante na região.

Grupo Araxá - A designação do grupo foi dada por Barbosa (1955 *in* Barbosa 1970), durante os trabalhos realizados nos arredores de Araxá. Trata-se de micaxistos e quartzitos com intercalações de anfibolitos. Os xistos são a duas micas, com predominância de muscovita. O mineral acessório mais importante é a granada, além da presença em menor escala de rutilo, zircão, turmalina e estauroлита. Os quartzitos ocorrem em leitos delgados, em torno do domo do Barreiro, extremamente fraturados, parcialmente fenitizados pelas intrusivas. Também ocorrem em leitos decimétricos paralelamente à serra de Pirapetinga, com efeitos de catáclase. Os metamorfitos desse grupo atingiram fácies epidoto-anfibolito. Embora as rochas desse grupo se encontrem dobradas em conjunto com as do Complexo Granito-Gnáissico, observações de campo fornecem evidências de que o Grupo Araxá se encontra sobreposto ao Complexo.

Grupo Canastra - Esse grupo foi definido por Barbosa (1955 *in* Barbosa 1970) e é constituído com base de filitos e quartzitos. Os filitos são, na maioria, quartzo-filitos, caracterizados por lâminas delgadas de filitos intercalados por lâminas delgadas de quartzito, de granulação muito fina até siltica. Há uma predominância de filitos prateados, sericíticos, porém são comuns os filitos grafitosos (às vezes piritosos) e filitos granatíferos. Os quartzitos, na sua maioria, intercalam-se aos filitos e são de granulação fina. Por vezes, ocorrem quartzitos ferruginosos a itabiríticos. Nas proximidades das zonas de falhas, os quartzitos são milonitizados e apresentam aspecto fibroso, denominados localmente de "xisto pau" ou, quando silicificados, perdem o aspecto granular e são popularmente chamados de "gelados". O metamorfismo apresentado por essas rochas são de baixo grau, menos intenso que o do Grupo Araxá. O contato dessa unidade com as do Araxá e Ibiá é através de falhamentos.

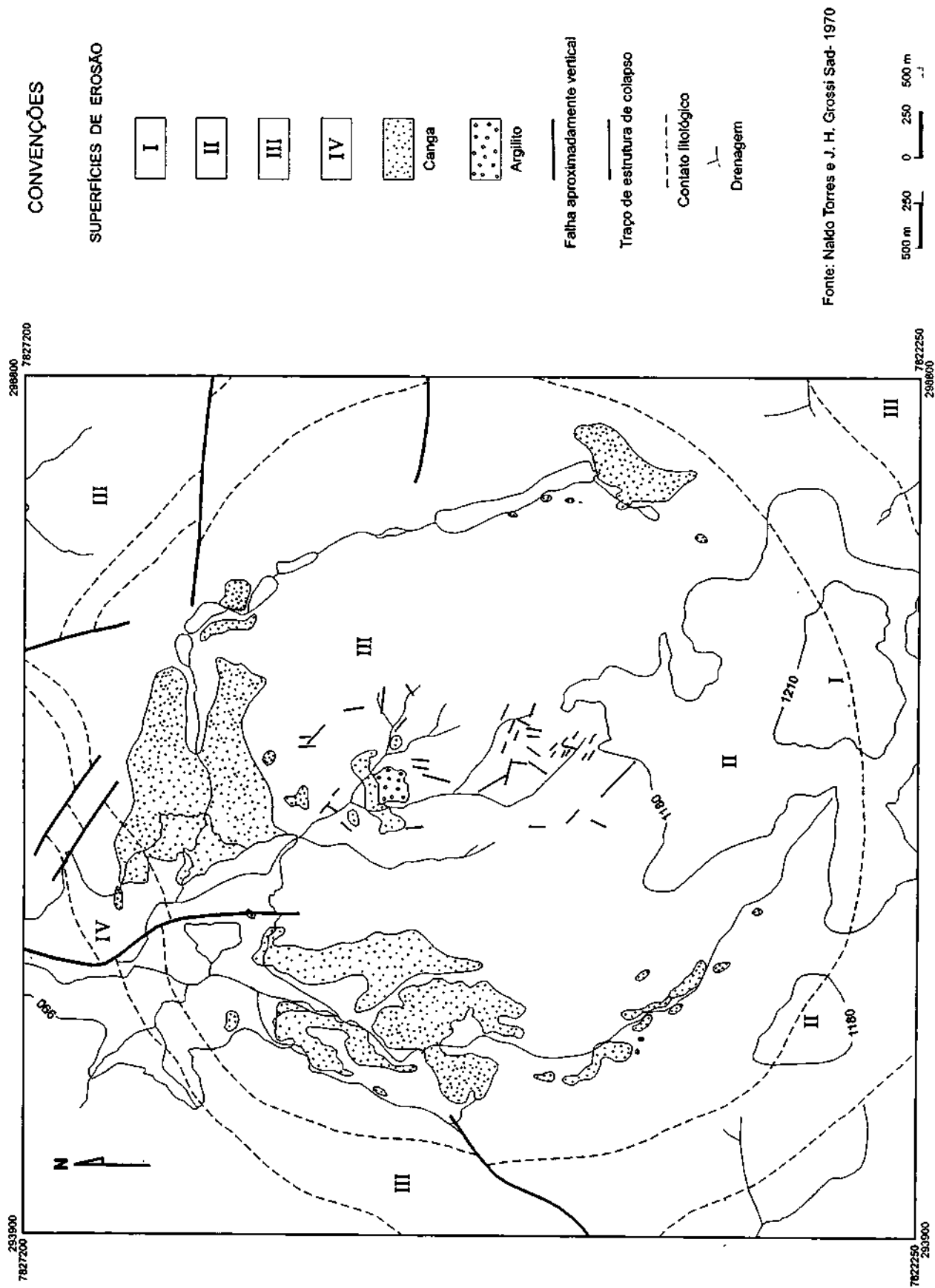


Figura 2 - Mapa Geomorfológico do Barreiro / Araxá

Formação Ibiá - É constituída predominantemente de calcoxistos, representados por calcosericita a clorita-xistos, quase sempre microdobrados e crenulados, com neoformação de leitos e núcleos de quartzo. Quando frescos, apresentam coloração cinza-chumbo a ligeiramente esverdeada. O metamorfismo atuante nessa unidade é de baixo grau, fácies xisto-verde. O contato dessa unidade com as do Complexo Granito-Gnáissico e as do Grupo Araxá se faz através de falhas de empurrão, enquanto que com o Grupo Canastra é concordante.

Intrusivas Alcalinas - O Complexo do Barreiro/Araxá faz parte de um conjunto de corpos alcalino-carbonatíticos situados na região do Alto Paranaíba, no oeste Mineiro e sul de Goiás. Esses corpos alinham-se segundo direção NW, ao longo de falhas profundas, entre a Bacia do Paraná e o craton de São Francisco (Hasui Y. e Cordani, U. G. 1976).

Sendo identificados os corpos de Araxá, Tapira, Salitre, Serra Negra e Catalão. Encontram-se encaixados em seqüências metassedimentares pré-Cambrianas dos Grupos Araxá, Canastra e Bambuí (Barbosa, O. *op cit*). Comumente, apresentam forma ovalada ou circular. As rochas dessas ocorrências foram datadas pelo método K-Ar e, de modo geral, as idades aparentes obtidas situam-se no Cretáceo Superior. A maioria agrupa-se em torno de 80 m.a, à exceção de Araxá, com determinação em torno de 90 m.a (Hasui, Y. e Cordani, U. G. 1968).

Para o distrito alcalino de Araxá, vários tipos de rochas foram identificadas como: malingito, araxaíto, carbonatito, jacupiranguito, além de diversos produtos de alteração.

Cobertura Detrito-Laterítica - Há indícios de ocorrências de restos de superfícies aplainadas, em diversos níveis e de diversas idades, geralmente laterizadas. O laterito ferrífero ocorre em forma de amêndoas e, menos freqüentemente, como crosta contínua (canga). O mineral predominante é a goetita, podendo associar-se a hematita. Comumente, se forma onde o "bedrock" é quartzítico ou onde há predominância de magnetita.

6.5 - Geologia Local

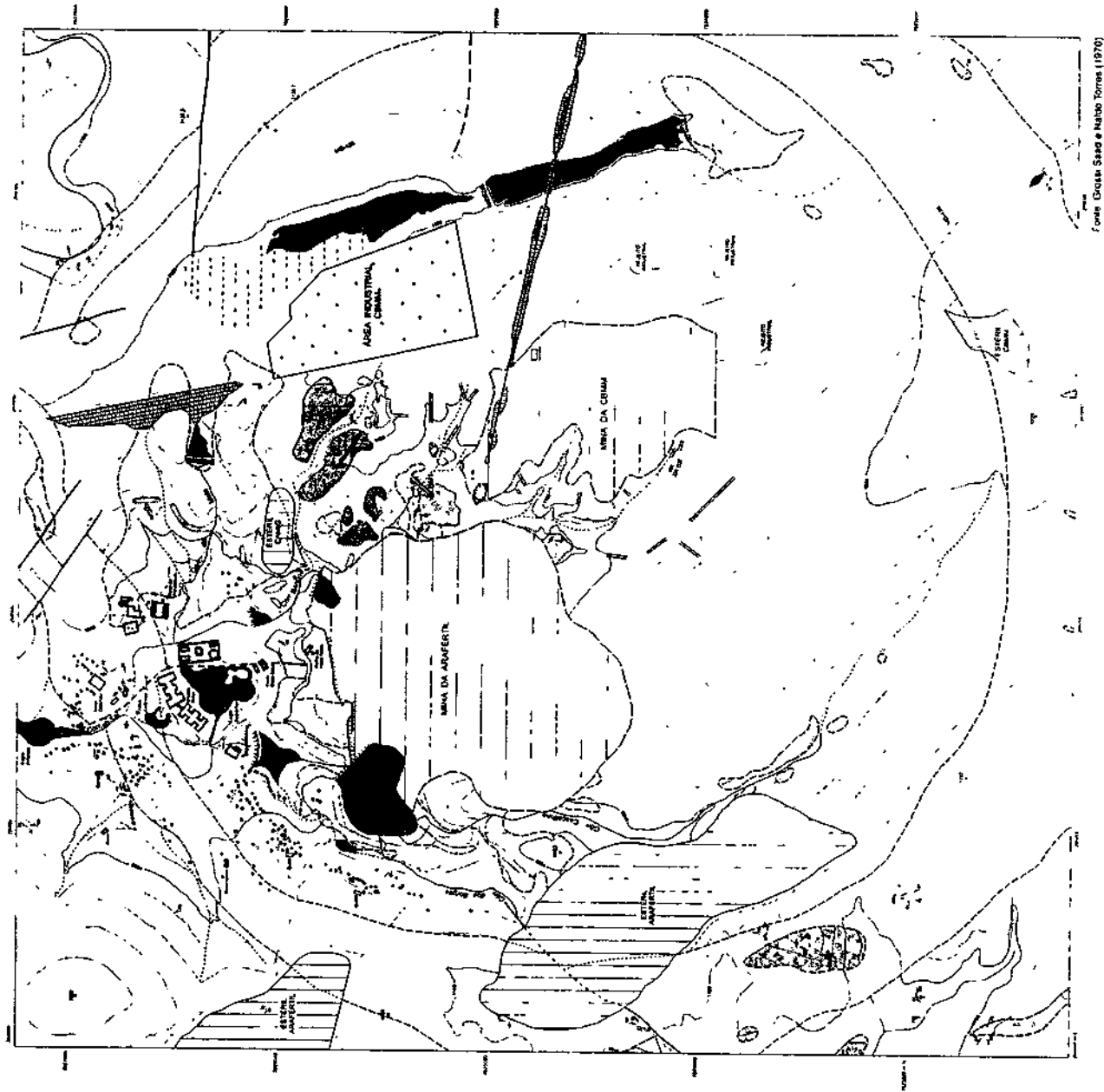
6.5.1 - Rochas Encaixantes

Os primeiros trabalhos de geologia de que se tem conhecimento em Araxá devem-se a Derby 1866, Djalma Guimarães 1925 e 1926 e Barbosa 1937 (in Barbosa, O. *op cit*).

O Complexo do Barreiro encontra-se encaixado nos metassedimentos, atribuídos ao Grupo Araxá (Barbosa, O. *op cit*). Contudo, deve-se salientar que, a sudoeste da área, ocorrem filitos com intercalações de quartzitos, pertencentes ao Grupo Canastra (Barbosa, O. *op cit*). O levantamento geológico está calcado, principalmente, nos trabalhos desenvolvidos por Grossi Saad et alii (1970) e Issa et alii (1984), com algumas verificações de campo (figura 3 e mapa geológico anexo). O Complexo carbonatítico ocorre intrusivo em rochas quartzíticas, com xistos subordinados.

As rochas quartzíticas são as responsáveis diretas pela manutenção da conformação dômica do Complexo, com espessura estimada variando de 100 a 600 metros. Mapeada como unidade inferior, é constituída principalmente de quartzo, via de regra recrystalizado, resultante de efeitos de contato. Os principais minerais acessórios são: sodanfíbolios, microclina, apatita, dolomita, ortoclase, moscovita, oligoclásio cloritóides e opacos.

Os minerais citados, excluindo os cloritóides, são resultantes do metassomatismo. Os cloritóides estão presentes nos quartzitos mais deformados, de preferência nos leitos amarrotados. Análise petrográfica dos quartzitos revelou o quartzo como constituinte principal, tipicamente deformado, com grãos variando de 0,05 a 2,5 mm. Apresenta uma textura granoblástica ou fortemente xistoso. Em alguns cristais, observa-se extinção ondulante, devido à sua recrystalização. Anfibólio ocorre na rocha ocupando fraturas ou em forma de bolsões ou em agregados lenticulares. Às vezes, venula o quartzo ou ocorre como inclusão. O anfibólio é a eckermannita, possui hábito prismático a acicular, e grãos com dimensões de 0,05 a 1,5 mm.



LEGENDA

FORMAÇÕES SUPERFICIAIS

- Solo Laterítico
- Argila
- Canga

ROCHAS METASSEDIMENTARES

GRUPO ARAXÁ

- Xistos e suas mudas, com predomínio de muscovita
- Quartzitos fossilíferos

ROCHAS ÍGNEAS E METASSOMÁTICAS

- Rocha basalto - afanítica
- Rocha felsítica decomposta
- Rocha siltocarbonatosa e carbonatosa

DEPÓSITOS MINERAIS

- Rocha mofética
- Rocha apatítica
- Rocha basalto-apatítica

SÍMBOLOS ESTRUTURAIS

- Direção e mergulho de estrutura planar (listrada)
- Direção e mergulho de isotaxidade
- Direção de distensão vertical
- Direção e mergulho de alinhamento
- Direção de alinhamento vertical
- Direção e mergulho de junta
- Direção de junta vertical
- Falha acomodadamente vertical (recortada onde encoberta)
- Contato (recortado onde localizado com segurança e pontilhado onde encoberto)
- Trampo de estrutura de colapso (aleatório)
- Limite de depósito mineral e canga

SÍMBOLOS GEOGRÁFICOS

- Prédios e casas
- Mina
- Relevo de mina
- Rodovias, estradas principais
- Estradas secundárias
- Estradas secundárias com trilho
- Impermeável
- Estrada de ferro
- Alto, corte de estrada e/ou escavações
- Represa
- Córrego
- Lago
- Brejo, alagadiço
- Curva de nível com intervalo de 20m



Fons: Graça Saad e Nilton Torres (1970)

Figura 3 - Mapa Geológico

A microclina ocorre intersticial ou como pequenos porfiroblastos, às vezes sem forma definida. Os minerais são límpidos, com dimensões dos grãos em torno de 0,15 mm, podendo alcançar 3 mm. Pode, às vezes, ocorrer inclusa em dolomita. O ortoclase tem composição $Or_{75} Ab_{15}$ e, portanto, trata-se de sodaortoclase, ocorrendo em pequenos porfiroblastos, às vezes incluso em dolomita. O carbonato é a dolomita, apresentando coloração turva, não deformada, ocorrendo associada ao anfibólio e substituindo os minerais descritos anteriormente. Os feldspatos ocorrem não deformados, porém deformam a matriz que os contém. Tal fato atesta que esses minerais foram introduzidos na rocha quartzítica. Os quartzitos fenitizados (com sodanfíbólio e feldspato) não foram individualizados dos demais quartzitos, dada a ausência de afloramentos contínuos. A zona de contato dos quartzitos e a intrusiva do Complexo Barreiro foi definida com base na variação do tipo de solo, gerado por um ou outro tipo rochoso.

A unidade geológica superior pertence ao grupo Araxá. Trata-se de um micaxisto, caracterizado como quartzo-biotita xisto, na sua maioria fenitizado e alterado, guardando sua textura original. Além de biotita e quartzo, a sericita está presente, como parte dos minerais originados antes da intrusão. A granulação varia de 0,01 a 0,3 mm, e apresenta estrutura xistosa amarrotada. O quartzo apresenta-se com estiramento. Como mineral acessório, ocorre a cianita. O metassomatismo silicoso se faz presente, com introdução de quartzo de contorno hexagonal, de dimensões de até 2 mm. Fato notório é que esse mineral envolve grãos de biotita, anfibólio e ortoclase. Durante os processos de fenitização, foram gerados os minerais de anfibólio e K-feldspato.

O comportamento estrutural do Complexo do Barreiro é facilmente observado na estruturação dômica adquirida pelas rochas do grupo Araxá, resultante da intrusão. As rochas quartzíticas são as que apresentam os melhores efeitos da intrusão, verificados através da fenitização e do intenso fraturamento, verificado através da ocorrência de juntas e falhas (figura 4).

6.5.2 - Rochas Intrusivas

Na área do Barreiro não foi encontrado afloramento de rocha fresca. Abaixo do lago, ao lado da fonte Andrade Júnior, foi verificada a presença de brecha quartzítica, com diques e veios de carbonatito.

Grossi Sad (*op cit*) definiu, em seus estudos, que as rochas predominantes do Complexo são silicocarbonatitos, onde há predominância de silicatos sobre carbonatos, e que, sob o depósito de pandaíta, existiria uma massa mais ou menos contínua de carbonatitos. Entretanto, através de análises dos testemunhos de rochas frescas, obtidos de furos executados no Barreiro, aventou-se a possibilidade da não-existência de uma massa de silicocarbonatito envolvendo o corpo de carbonatito e, sim, uma transição entre tais tipos petrográficos. A partir dessas análises, definiu como rochas predominantes um conjunto de piroxenito-peridotito, recortado por carbonatito-rauhagítico, e zonas de composição essencialmente de rocha glimerítica ou anfibólica. Faixas de apatitos e sillexitos associam-se às rochas do Complexo.

Os constituintes principais dessas rochas silicocarbonatadas são: olivina-crisolita, diopsídio-hedembergita, flogopita-anomita. Como varietais: apatita, magneto-ilmenita. Como acessórios: perovskita, titanita, zircão, anatásio, rutilo, sulfetos e pirocloro. A rocha, quando fresca, apresenta coloração verde-escura a acinzentada, quando meteorizada origina o regolito de tonalidade marrom, contrastando com o solo, que é vermelho-tijolo. Quando substituída por sillexito (quartzo, calcedônia e goethita) é de cor amarela a marrom.

Trabalhos mais recentes na área do Complexo do Barreiro, como o de Issa, A. *et alii* (*op cit*) assinalaram presença de um conjunto de rochas definidas como: carbonatitos, foscoritos e glimeritos. O carbonatito apresenta forma arredondada, com diâmetro em torno de 2 km, situado na parte central do Complexo. (Silva, A. B., *et alii* 1979 in Issa A *op cit*). Essas rochas ocorrem em veios, que variam de centimétricos até vários metros de espessura, penetrando os glimeritos (figura 5).

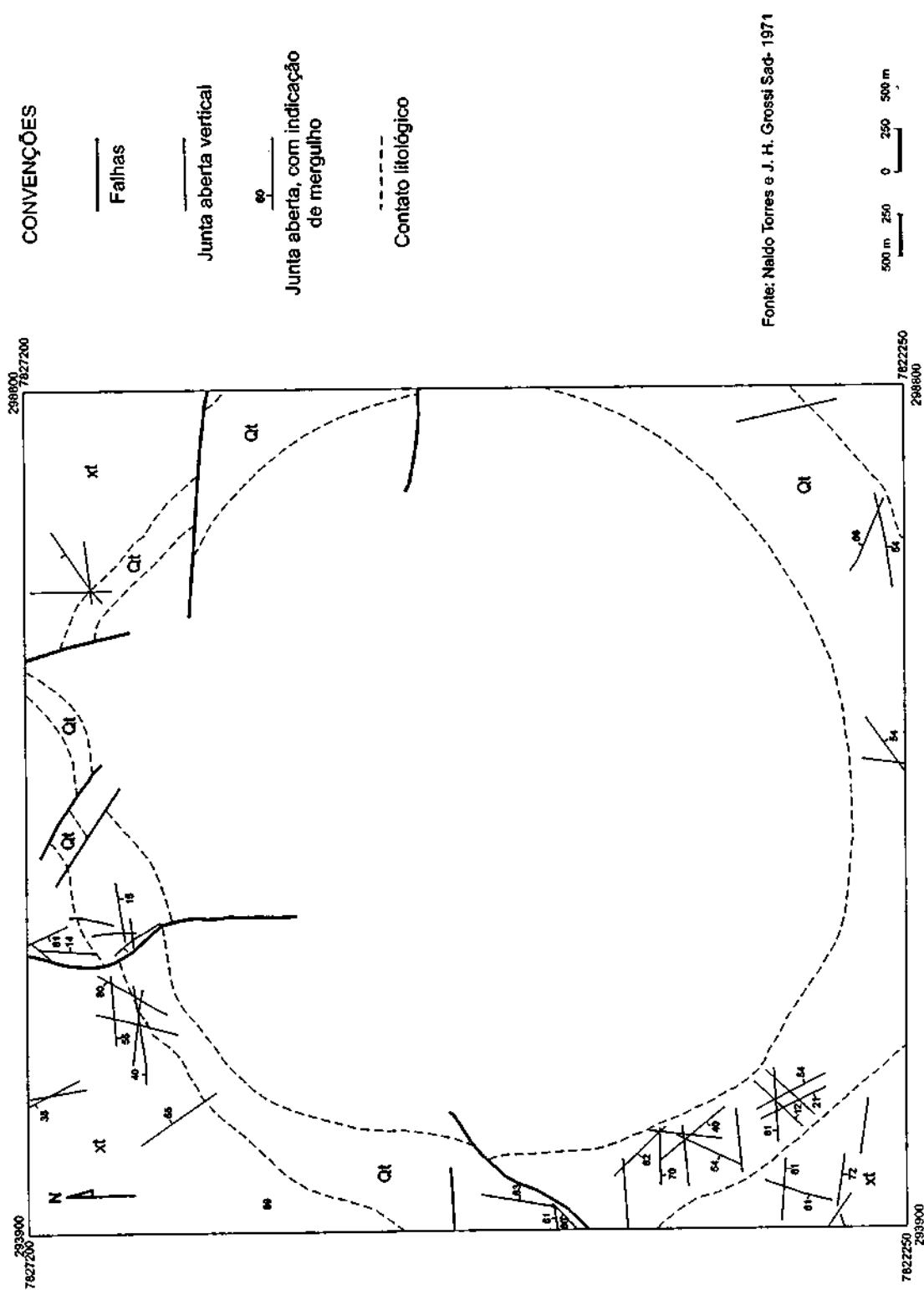


Figura 4 - Mapa de Fraturas

Em análise petrográfica, definiu-se o tipo beforsítico como predominante, apresentando granulação média a grosseira. A dolomita ocorre como mineral dominante, além de calcita e ankerita subordinados. Outros minerais podem estar presentes: barita, apatita, magnetita, perovskita, quartzo secundário, pirita, flogopita, anfibólio sódico isokita e estroncionita. O bariopirocloro ocorre como acessório freqüente nessa rocha. Na parte central do Complexo é encontrada apatita beforsitos contendo até 15,25% de apatita. Na porção centro-oeste do Complexo foi descrito, em testemunho de sondagem, carbonatito metassomático, preservando estrutura ígnea original do provável piroxenito (Mariano, A. N., 1975; *in* Issa, A. et alii *op cit*). Em área restrita, no canto NW do Complexo, ocorre o sovito típico, também ocorrendo como diques nas rochas encaixantes (Silva, A. B. et alii 1979; *in* Issa et alii *op cit*).

Os foscoritos são descritos como uma rocha contendo carbonato, flogopita, apatita e magnetita. Ocorre associada ao carbonatito na parte central do Complexo. Trata-se de uma rocha brechada, granulação variando de fina a grosseira, coloração escura. O pirocloro está presente nessa rocha com teores de até 8% de Nb_2O_5 . Essas rochas mostram-se as mais ricas em pirocloro, destacando-se como o mais importante minério primário.

As rochas glimeríticas ocorrem com maior predominância entre a faixa de carbonatitos e o anel quartzítico, além de estarem presentes em todos os testemunhos analisados. Predomina a cor marrom-escura, e a granulação varia de fina a grosseira. O mineral constituinte principal é a flogopita, podendo ocorrer a dolomita.

6.5.3 - Cobertura Laterítica

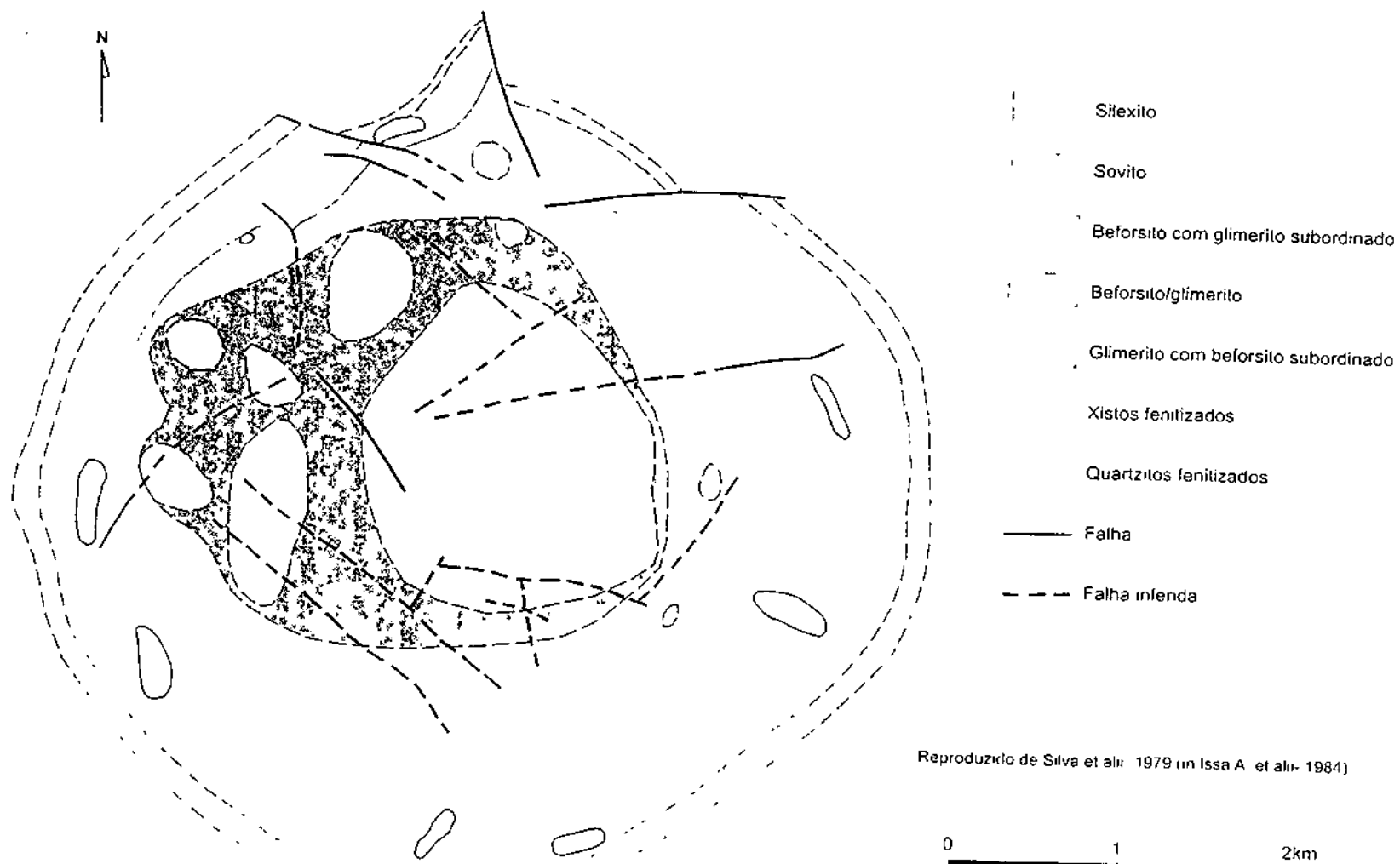
A área do Complexo do Barreiro está totalmente coberta por material laterítico, variando de alguns metros até mais de 200 metros de profundidade. Cangas concrecionárias ocorrem principalmente ao longo dos drenos que nascem dentro do Complexo. São compostas essencialmente de limonita, goethita e magnetita, às vezes com pirocloro presente. Corpos de rocha silicítica, às vezes portadora de barita, além de pirocloro, apatita e minerais portadores de terras raras são encontrados no interior do Complexo. Nesse manto de intemperismo estão presentes importantes jazimentos de nióbio e fosfato.

Nióbio - Os primeiros trabalhos de cálculo da reserva de minério foram realizados por Djalma Guimarães (1957), avaliada em torno de nove milhões de toneladas. Atualmente, a jazida de nióbio é explotada pela CBMM (Companhia Brasileira de Mineração e Metalurgia), com uma reserva calculada em torno de 461×10^6 t, com teor médio de 2,5% de Nb_2O_5 . As tabelas 1, 2 e 3 mostram a composição mineralógica média, as reservas do minério e a composição química do minério e do bariopirocloro, relacionadas exclusivamente às mineralizações da cobertura laterítica. Sondagens executadas pela CBMM, através de furos de sonda testemunhados, atingindo profundidade de até 844 metros, em rocha fresca, mineralizado em toda sua extensão, demonstraram a existência de reservas com valores bem superiores aos apresentados anteriormente.

Fosfato - A jazida de fosfato (apatita) explotada pela Arafertil apresenta reserva em torno de 460×10^6 t, com teor médio de 15% de P_2O_5 . A barita encontra-se associada tanto ao minério de nióbio como ao de fosfato, apresenta coloração variando de incolor a verde, em forma de veios ou concrecionária. O depósito soma reservas em torno de 463×10^6 t, com teor médio de 20,6% de $BaSO_4$ (Issa *op cit*).

Urânio - Djalma Guimarães (1953 e 1957) realizou os primeiros estudos petrográficos realizados na área, e as primeiras avaliações do jazimento de pirocloro, definindo uma reserva em torno de oitenta mil toneladas de U_3O_8 . Castro, L. O. (1968) desenvolveu pesquisa no Complexo do Barreiro e verificou que o teor de urânio nos corpos de minério de pirocloro é variável desde 0,005% de U_3O_8 nos mais pobres, até 0,1% no chamado pirocloro uranífero. As reservas cubadas são de aproximadamente 8×10^5 t, com teor médio de 416 ppm de U_3O_8 . O urânio associado a monazita e goyazita foi cubado 8×10^5 t de minério contendo em média 13,5% de $(TR)_2O_3$ e cerca de 0,05% de U_3O_8 .

Figura 5 - Carbonalito do Barreiro / Araxá



O urânio associado a rocha fosfática na área pesquisada apresentou uma reserva de 170.000 t de minério, com teor de 0,1% de U_3O_8 , situando-se as mineralizações acima do nível freático, até profundidade máxima de 27 metros.

Mineral	% Peso
Bariopirocloro	4.6
Limonita, Goethita	35.0
Barita	20.0
Magnetita	16.0
Gorceixita	5.0
Monazita	5.0
Ilmenita	4.0
Quartzo	5.0
Outros	5.4

Tabela 1: Composição mineralógica média do minério de Araxá (Paraíso, O. S. & Fuccio, R. de, 1981).

Categoria	Toneladas	% Nb_2O_3
Medida	131.612.000	2.50
Indicada	41.793.000	2.49
Inferida	288.349.000	2.50
Total	461.754.000	2.50

Tabela 2: Reservas totais de minério (Issa *op cit*).

	Minério*	Bariopirocloro**
Nb_2O_5	3.00	63.42
Ta_2O_5	traços	0.15
BaO	17.73	16.51
CaO	traços	0.44
$(TR)_2O_3$	0.44	3.29
ThO_2	0.13	2.34
MnO_2	1.82	0.16
Fe_2O_3	46.52	-----
FeO	-----	2.37
TiO_2	3.60	2.30
PbO	traços	0.42
SnO_2	traços	0.10
Al_2O_3	1.19	-----
P_2O_5	3.32	-----
SiO_2	2.38	-----
ZrO_2	0.20	-----
SO_3	8.82	-----
U_3O_8	0.0082	-----
P.F.	6.02	-----
H_2O	-----	-----

Tabela 3: Composições químicas do minério e do bariopirocloro de Araxá

(*) Jaffe, H. W. & Sechow, D. H. (1960)

(**) Paraíso, O. S. & Fuccio, R. de (1981)

Durante os estudos realizados por Grossi Saad et alii (op cit) para cubagem dos jazimentos de nióbio e fosfato do Barreiro/Araxá, foram executados mais de setenta furos de sonda. A seguir é apresentado um perfil composto, na tentativa de mostrar o material existente em profundidade.

Profundidade (m)	Material atravessado
0,00 - 5,00	Superficialmente predomina solo laterítico, de coloração chocolate, passando a cores variadas cinza-escura a marron-esverdeada, argiloso, com magnetita e grânulos duros de limonita.
5,00 - 170,00	Via de regra, ocorre material terroso, bastante argiloso, coloração variando do pardo-amarronzada a pardo-amarelada, às vezes, escura. Ocorrem fragmentos duros de sílexito de coloração amarronzada, percentagem variada de magnetita granular, fina, nódulos de areia quartzosa, faixas de coloração pardo-arroxeadas contendo monazita, pintas de material argiloso pálido-esverdeado, palhetas de mica, cristais de barita, faixas pardo-amareladas por vezes carbonáticas. Nota-se que o teor de carbonato aumenta com a profundidade. Em alguns poços, verificou-se que essa faixa de material terroso, com uma infinidade de variações tanto em coloração como em constituintes minerais, chega a mais de 200 metros de profundidade.
170,00 - 190,00	Rocha decomposta, com blocos silicificados. A rocha, que inicialmente está completamente desagregada, é composta por mica dourada em palhetas disseminadas em massa argilosa amarela, nódulos esverdeados, provavelmente de piroxênio decomposto e magnetita finamente granular. Em todo intervalo são abundantes os blocos castanho-esverdeados de material silicificado, contendo palhetas de mica e finas vênulas carbonáticas.
190,00 - 200,00	Carbonatito parcialmente decomposto, branco, textura granular fina, predominando a calcita em cristais submilimétricos, com palhetas de mica castanho-escura, pirita e magnetita, além de agrupamentos de piroxênio muito fino, como acessórios; no final aparecem blocos de mica piroxenito, cinzento-esverdeados, envolvidos pelo carbonatito.

Fonte: GEOSOL (1970)

Capítulo 7

Uso e Ocupação do Solo

7.1 - Objetivo específico

Levantamento do uso e ocupação do meio físico atual, visando à racionalização do uso no futuro, sem o comprometimento do meio ambiente.

7.2 - Metodologia

Para a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo foram realizadas as seguintes etapas: fotointerpretação preliminar, verificação de campo e fotointerpretação final.

Na fotointerpretação preliminar foram utilizadas fotografias aéreas, preto e branco, na escala 1:20.000, 1986. Com auxílio de estereoscópio de bolso e de espelho foram identificados os principais usos da terra, possíveis de serem observados. Esses dados foram traçados tanto em overlays na escala da foto, como em mapa na escala 1:10.000.

Na etapa de campo, foi possível confirmar ou não a precisão dos dados fotointerpretados, caracterizando-se, com segurança, cada unidade individualizada.

Fotointerpretação final - Na última etapa foi realizada nova fotointerpretação que, acrescida dos dados de campo, deu origem ao mapa final. Neste mapa, foram lançados minas em exploração, área industrial, área de rejeito industrial e estéril, área de vegetação, área de criação de animais silvestres, áreas edificadas, lixão, reservatório d'água, curral, etc.

7.3 - Principais Usos e Ocupações

Dentre as unidades cartografadas, destacam-se a exploração e industrialização do minério de nióbio pela Companhia Brasileira de Mineração e Metalurgia - CBMM, a exploração e industrialização de rocha fosfática pela Arafertil e a exploração e engarrafamento de águas minerais pela Superágua S.A. e o Complexo Turístico do Barreiro, atividades aparentemente conflitantes, mas que até o momento têm conseguido conviver harmonicamente.

O Complexo Turístico do Barreiro é constituído por um conjunto de edificações em estilo missões, com área construída de 46.000 m², lagos, fontes e parques de grande importância turística, cultural e histórica. É composto pelo Grande Hotel, atualmente em reforma, pelas Termas, reformadas em 1997, pelas fontes sulfurosas Andrade Júnior, fonte D. Beja, lagos, matas e por um parque de lazer de grande beleza (fotos 2, 3, 4 e 18).

Assentamentos urbanos sem infra-estrutura de saneamento básico (foto 1) vêm-se proliferando nas imediações desse Complexo, em áreas de grande vulnerabilidade do aquífero subterrâneo, na bacia do córrego da Cascatinha. Nessas áreas, além dos esgotos residenciais, existem currais e chiqueiros onde os dejetos escoam a céu aberto, assumindo a drenagem natural e desaguando em lagoas ou no próprio córrego. A 500 m a oeste do Grande Hotel observa-se a presença de depósitos de lixo urbano (lixão, foto 13).

A área da Companhia Brasileira de Mineração e Metalurgia (CBMM), detentora por arrendamento da jazida de nióbio, vem sendo explorada desde 1961, ocupando grande parte dos terrenos da bacia do Barreiro. Os trabalhos de lavra são realizados a céu aberto através de bancadas (foto 9), sem atingir o nível freático. Do material resultante do decapeamento da mina, parte é usado em obras viárias dentro do parque da companhia, e o restante, depositado na área 1. A cava da

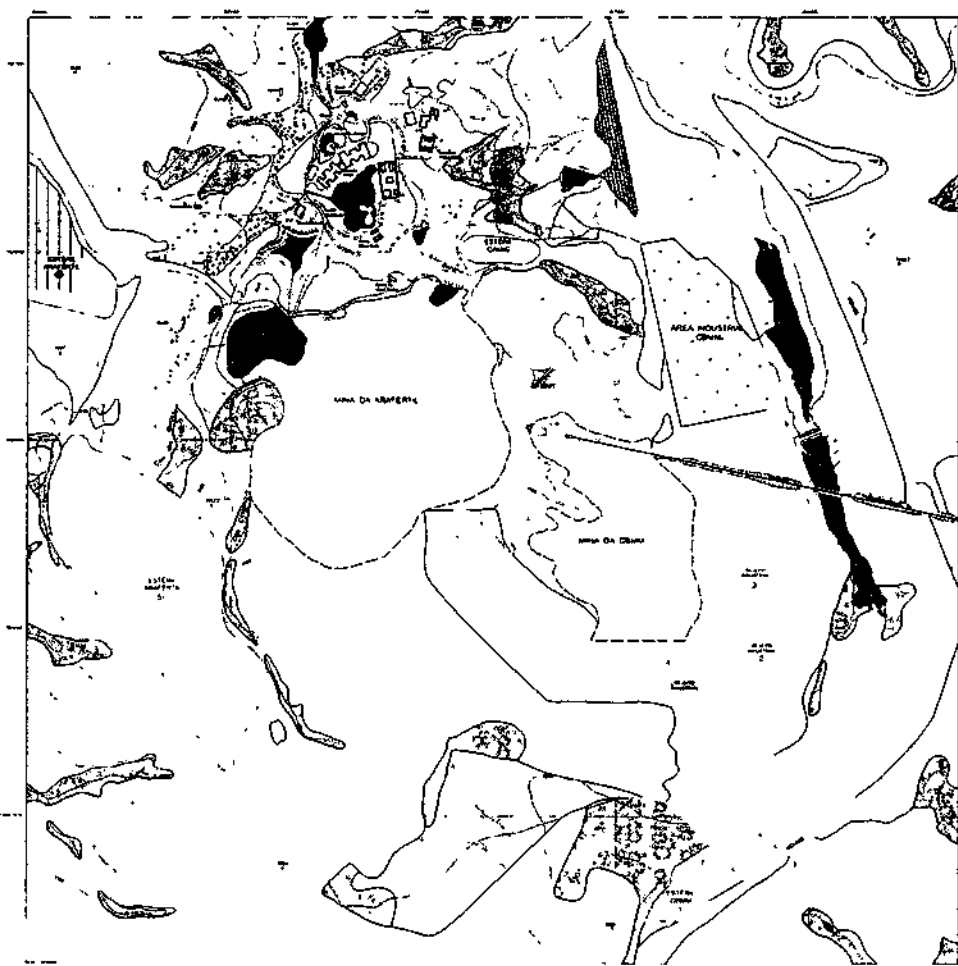
mina e o parque industrial são mostrados na figura 6 e, com mais detalhe, no mapa anexo. Associados ao processo de exploração e transformação do minério em ferro-liga, advêm os resíduos sólidos e líquidos. O resíduo sólido industrial, resultante da lixiviação do nióbio, contendo material radioativo (óxido de tório) e sulfato de bário, é depositado em área especial, definida como rejeito industrial 2. É uma área com baixa declividade em torno de 2%. Este material é depositado em forma de sanduíches, formados por uma camada de estéril de baixa permeabilidade, em forma de meia laranja. Na parte central, é colocado o estéril contendo sulfato de bário e óxido de tório, a seguir é colocada outra camada de rejeito da mina, fechando o pacote. Segundo informações da CBMM, cada camada de rejeito inibe três vezes a radioatividade do tório. Para o monitoramento dessa área, a CBMM construiu quatro poços tubulares entre o depósito e o lago, onde periodicamente são feitas coletas de amostras para análises. A vistoria do depósito é feita pela CNEN. Outro resíduo sólido, fosfatado, produzido na usina, é disposto em outro local, definido como área de rejeito industrial 3 e 4. Este material está sendo testado na agricultura e vem mostrando alguns resultados positivos. O resíduo líquido, contendo cloreto de bário e outros elementos residuais, é lançado diretamente no lago, a leste do parque industrial (foto 7). Devido à alta porosidade e à permeabilidade do latossolo da área, o lençol freático passou a ser contaminado com bário. Por essa razão, a CBMM vem mantendo um monitoramento do índice de bário, através de análises de amostras coletadas em poços tubulares e lagos. A neutralização do avanço do cloreto de bário consiste na sua precipitação, através da introdução de solução de sulfato de sódio (Na_2SO_4), tanto no nível subterrâneo, por meio de poços tubulares infiltradores, como no superficial, por meio de gotejamento que, reagindo com o cloreto de bário, resulta em sulfato de bário, que é praticamente insolúvel e se precipita, e cloreto de sódio. Dados fornecidos pela CBMM atestam que o alto índice de bário encontrado nas águas do Barreiro não se deve somente à contaminação industrial, mas há uma participação do carbonatito, rocha matriz do minério de nióbio. Essa rocha é constituída de uma gama de minerais, entre eles o carbonato de bário + magnésio + cálcio. Processos de meteorização da rocha fazem com que o cálcio e o magnésio sejam carregados, havendo uma concentração de bário, que é acrescido ao bário oriundo dos rejeitos industriais, detectado no lençol freático.

A CBMM mantém uma área reservada para criação de animais silvestres em extinção, que são doados aos zoológicos, à medida que os animais são solicitados. Trata-se de animais como lobo guará, ema, veado, paca, anta, macaco, araras e papagaios.

A Arafertil, detentora por arrendamento da jazida de fosfato, iniciou os seus trabalhos em 1972. Entretanto, foi a partir de 1978 que entrou em fase operacional propriamente dita. Localiza-se mais próxima ao Grande Hotel do Barreiro, causando maior impacto visual tanto em relação à cava da mina quanto ao local onde é depositado o estéril (foto 19). Visando suavizar o impacto na paisagem, a Arafertil vem promovendo o plantio de eucaliptos, formando uma verdadeira cortina entre a área do hotel e a mineração. Na área 5, destinada ao depósito do estéril da mina, a empresa faz cobertura vegetal com gramínea, e na área 6, com gramínea e árvores de espécies variadas, visando sua proteção contra os efeitos da erosão, bem como para diminuir o impacto visual.

Os trabalhos de lavra da mina são também realizados a céu aberto, através de bancadas, com grande movimento de terra, ocasionando a retirada da cobertura vegetal e o rebaixamento do nível freático (foto 10). Na tentativa de restabelecer o nível freático e minimizar os danos causados sobre a produtividade das fontes, bem como dos poços tubulares que abastecem a engarrafadora e ao fontanário, a Arafertil construiu barragens para captação da água drenada de suas frentes de lavra, originando os lagos de recarga denominados de "E" e "F" no leito do córrego Cascatinha (fotos 5 e 6). Uma terceira barragem foi recentemente construída no córrego Baritina e denominada neste projeto de barragem "H". Outros aspectos são discutidos nos capítulos de hidrogeologia e hidrologia superficial.

Na área do Complexo do Barreiro, nota-se que houve recuperação substancial da vegetação arbórea, realizada através de reflorestamento, quando se comparam fotografias aéreas da área, realizadas em 1964 e 1986 (figuras 6, 13 e 14).



LEGENDA

- Reflorestamento com eucaliptos
- Reflorestamento com espécies diversas
- Campo cerrado
- Mata
- Pantanos com gramíneas diversas
- Pantanos com recuperação de mata
- Mixto
- Linha

SÍMBOLOS GEOGRÁFICOS

- Prédios e casas
- Mina
- Rancho de minas
- Rodovias estradas principais
- Estradas secundárias
- Estradas secundárias com bitume temporário
- Estrada de ferro
- Alto, corte de estrada ou secagem
- Represa
- Canal
- Lago
- Grav. pedregoso
- Curva de nível com intervalo de 20m

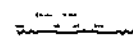


Figura 6 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo

A maior área de reflorestamento é coberta com o plantio de eucalipto e se localiza principalmente em terrenos da CBMM, entre as nascentes dos córregos da Cascatinha e da Mata. Foi plantado também ao longo das rodovias e do anel verde, visando diminuir o impacto visual causado pela mineração (foto 2).

Áreas com cobertura de vegetação de espécies diversas podem ser vistas, principalmente nas proximidades do Grande Hotel do Barreiro. Os primeiros plantios estão relacionados ao trabalho do paisagista Burle Max, no entorno do Grande Hotel, e ampliados em outras áreas através da implantação do Projeto Pró-Araxá, iniciado em janeiro de 1986, em convênio com as companhias CBMM e Arafertil, resultando no chamado anel verde (fotos 1 e 2).

As evidências de vegetação nativa ficam restritas a pequenas ocorrências de matas compostas de árvores de espécies diversas e campos cerrados de pequena extensão. A mata mais importante e mais discutida em relação à preservação é conhecida como mata da Cascatinha. É considerada marco histórico e turístico, no âmbito do Complexo do Barreiro, tendo em vista a ocorrência de uma cachoeira, onde, historicamente, Dona Beja costumava tomar os seus banhos (foto 5).

O campo cerrado restringe-se a uma pequena área nas proximidades da mina da CBMM, caracterizado pela presença de árvores e gramíneas típicas de cerrado, bastante espaçadas entre si, e de porte atrofiado, ocupando terrenos com solo litólico.

As pastagens implantadas no perímetro do Barreiro representam um expressivo percentual, geralmente constituídas de gramíneas do tipo braquiária, ocupando grandes porções da área de concessão da CBMM e da bacia do córrego Cascatinha. A presença de currais e chiqueiros, a oeste do Grande Hotel e próximos a poços de extração de água, põem em risco a qualidade da água, pela concentração de matéria orgânica gerada.

A agricultura desenvolvida é praticamente desprezível, sendo realizada unicamente com finalidade de recuperação de pastagens. Portanto, não chegou a ser individualizada no mapa.

A existência de um posto de abastecimento de combustível nas proximidades do Grande Hotel do Barreiro, construído diretamente sobre rocha quartzítica, compromete sobremaneira as águas superficiais e subterrâneas. Deve-se salientar que, na ocorrência de qualquer vazamento, o lençol freático será imediatamente poluído. Todo o esgoto do posto, contendo graxa e óleo, drena diretamente para o canal do córrego Baritina que, a poucos metros abaixo, juntamente com o córrego da Cascatinha, forma o Lago Inferior.

Observa-se, aproximadamente a 500 m a oeste do Grande Hotel, presença de depósito de lixo urbano (lixão) que, num curto espaço de tempo, também irá comprometer a qualidade do aquífero (foto 13).

Capítulo 8

Hidrologia e Qualidade das Águas de Superfície

8.1 - Objetivo Específico

- fornecer uma caracterização climatológica da área;
- apresentar os dados e os levantamentos dos recursos hídricos de superfície;
- avaliar as condições qualitativas das águas de superfície e os níveis de poluição.

8.2 - Metodologia

Para a elaboração dos estudos hidrológicos foi inicialmente realizada uma pesquisa bibliográfica junto a entidades públicas, incluindo o levantamento dos dados hidrometeorológicos básicos disponíveis na região do Barreiro de Araxá. Dentre os órgãos contactados estão o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE e a Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA-MG, que operam estações fluviométricas próximas à área em estudo. O Instituto Nacional de Meteorologia - INMET também foi contactado, pois é o órgão responsável pela estação climatológica de Araxá. Foram ainda consultados os arquivos da Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM, com o objetivo de obter dados relativos às atividades mineradoras da região.

Foram realizadas viagens de reconhecimento com o objetivo de determinar as características físicas das bacias dos córregos que drenam a área, bem como para execução de medições de vazão em pontos selecionados dos córregos.

Os estudos envolveram, inicialmente, a caracterização climática da região, visando quantificar as variáveis hidrometeorológicas relativas às várias etapas do ciclo hidrológico. Em seguida, procedeu-se ao levantamento quantitativo dos recursos hídricos de superfície, bem como à avaliação qualitativa dos cursos d'água que drenam o Barreiro.

8.3 - Caracterização Climática

8.3.1 - Características Meteorológicas

As condições meteorológicas estão relacionadas a mecanismos de escala global sob a influência das principais correntes de circulação atmosférica do Continente Sul-americano. Os padrões de circulação atmosférica definem as características climáticas predominantes durante as duas estações destacadas do ano: o inverno e o verão.

De maio a setembro, há uma diminuição drástica do volume de precipitação. Entretanto, há, paralelamente, uma queda razoavelmente grande do nível de temperatura, em função das penetrações periódicas de massas de ar frio de origem polar. De outubro a abril, a situação inverte-se completamente. Neste período, os totais pluviométricos são muito superiores, e, no verão, as temperaturas são elevadas.

Segundo a classificação de Nimer, E. (1977), a região possui o clima tropical subquente e semi-úmido.

8.3.2 - Parâmetros Climatológicos

Para a avaliação dos parâmetros climatológicos foram utilizadas as séries de dados da estação climatológica de Araxá. Essa estação é operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, está localizada dentro do município de Araxá e se situa nas coordenadas 19°34'S e 46°56'W, a 1.004 m de altitude.

A figura 7 mostra a posição geográfica da estação em relação ao Barreiro.

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DA ESTAÇÃO DE ARAXÁ - Período: 1972-1996												
PARÂMETRO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura média compensada (°C)	21,7	22,0	22,0	20,7	19,2	17,9	17,9	19,7	21,3	21,8	21,6	21,3
Temperatura média das máximas (°C) (2)	27,2	27,9	27,8	26,6	25,3	24,5	24,7	26,8	27,3	28,2	27,3	26,7
Temperatura média das mínimas (°C) (3)	17,8	18,0	17,8	16,3	14,8	13,2	12,8	14,3	15,6	17,1	17,4	17,6
Temperatura máxima absoluta (°C) (4)	34,0	32,6	34,0	31,5	29,7	29,0	29,3	32,8	34,3	35,4	35,0	32,4
Temperatura mínima absoluta (°C) (5)	9,7	10,9	10,5	6,9	2,1	0,5	1,6	4,5	8,1	7,9	7,2	8,6
Umidade relativa média compensada (%) (6)	81,4	81,9	81,1	80,8	78,3	74,6	71,3	67,7	69,1	75,6	80,5	83,5
Evaporação (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Velocidade média dos ventos (m/s) (7)	1,8	1,9	2,0	1,9	2,0	2,0	2,1	2,3	2,3	2,1	1,9	1,9

Fonte: INMET

Quadro 1 - Normais climatológicas.

Obs: Anos excluídos devido a falhas

(1) - 1973;1976;1988;1989;1990;1991 e 1994

(2) - 1973;1988;1989;1990 e 1991

(3) - 1976

(4) - 1973;1988;1989 e 1990

(5) - 1973;1989 e 1990

(6) - 1994

(7) - 1987 e 1994

Os dados fornecidos pelo INMET cobrem o período de 1917 a 1997, sendo que, entre 1960 e 1970, as observações do posto foram interrompidas. Mesmo no período de operação normal do posto existem falhas nas observações de alguns parâmetros.

As séries de dados foram fornecidas com periodicidade mensal (médias ou totais mensais), e submetidas a uma análise preliminar para detecção e correção de erros grosseiros. Não foi feito o preenchimento dos períodos falhos por não existir nenhuma outra estação próxima.

Para o período de 1972 a 1996, foram calculadas as normais climatológicas. No Quadro 1 são apresentados os valores obtidos.

Temperatura

Atualmente, tem sido utilizada a temperatura média compensada para representar os valores médios diários de temperatura. Este parâmetro é calculado a partir da seguinte equação:

$$T = \frac{T_{12} + 2T_{00} + T_{\max} + T_{\min}}{5}$$

onde:

$T_{\max}$ = temperatura máxima registrada;

$T_{\min}$ = temperatura mínima registrada;

T_{12} e T_{00} = temperatura medida às 12 e às 24 horas GMT (horário de Greenwich). No Brasil, corresponde às temperaturas medidas às 9 e 21 horas.

No período 1972 a 1996, Araxá apresentou temperatura média compensada anual da ordem de 20,6°C. Nos meses mais frios, junho e julho, a média compensada foi de 17,9°C. Nos meses mais quentes, fevereiro e março, o valor calculado foi de 22°C. A amplitude térmica anual foi de 4,1°C, em média. Os histogramas das médias mensais compensadas, média das máximas e média das mínimas são apresentados na figura 8.

Com relação aos valores absolutos observados, a temperatura máxima registrada no período ocorreu em outubro de 1994: 35,4°C. A mínima absoluta, ocorrida em junho de 1979, foi de 0,5°C.

Umidade relativa do ar

Os valores médios diários compensados de umidade relativa do ar são obtidos a partir da seguinte equação:

$$U = \frac{U_{12} + U_{18} + 2U_{00}}{4}$$

onde:

$U_{12,18,00}$ = umidade relativa medida às 12, 18 e 24 horas GMT, correspondendo, no Brasil, às 9, 15 e 21 horas.

Para a estação de Araxá, a umidade relativa média compensada anual no período 1972 a 1996 foi de 77,1%. O mês mais úmido é dezembro, cuja média mensal foi de 83,5%. Em anos muito úmidos, a média nesse mês chegou a atingir valores da ordem de 95%. Os meses mais secos são agosto e setembro, com médias mensais de 67,7 e 69,1%, respectivamente. A figura 9 mostra os valores médios mensais compensados de umidade observados no período.

Evaporação

A estação de Araxá possui dados evaporimétricos medidos no atmômetro tipo Piché e em tanque evaporimétrico Classe A. Observou-se que a evaporação medida no atmômetro difere consideravelmente da que ocorre em superfícies livres de água, solo descoberto ou com cobertura vegetal.

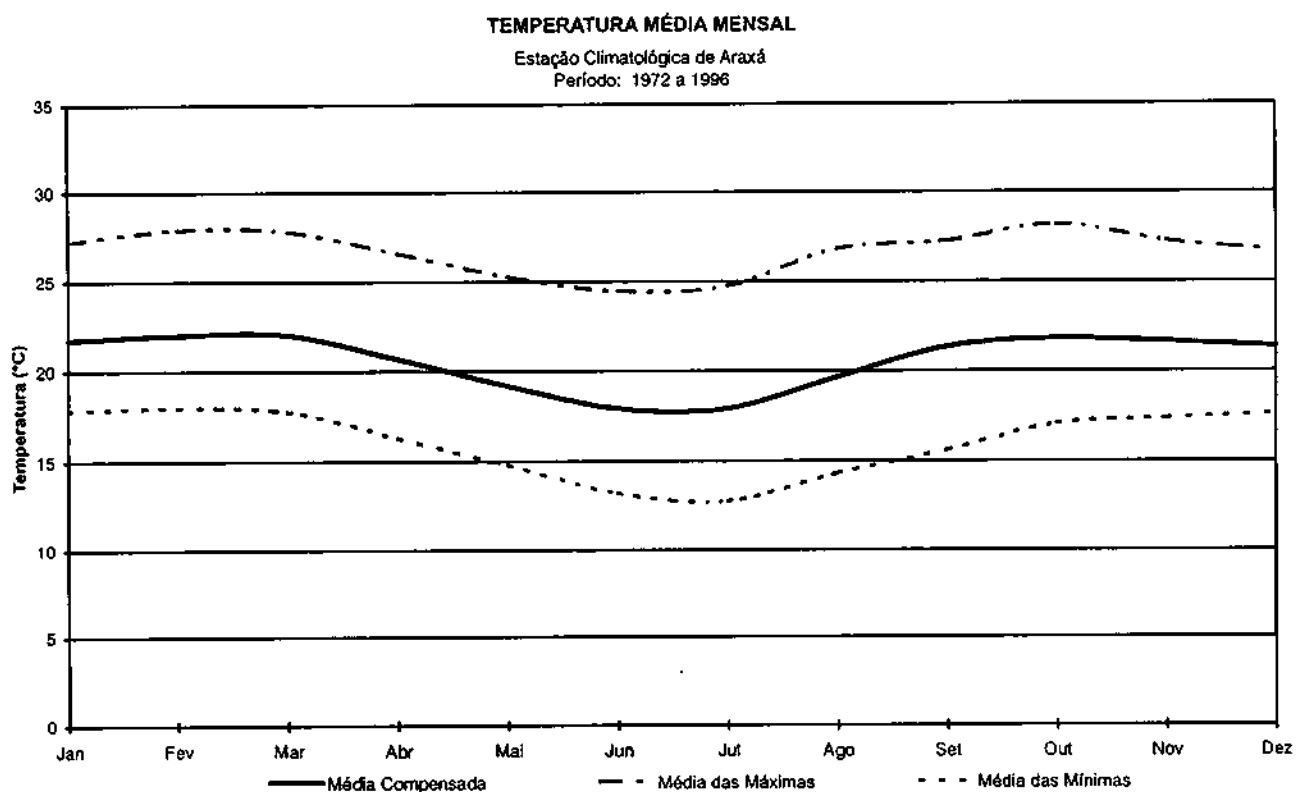


Figura 8 - Médias mensais compensadas, máximas e mínimas.

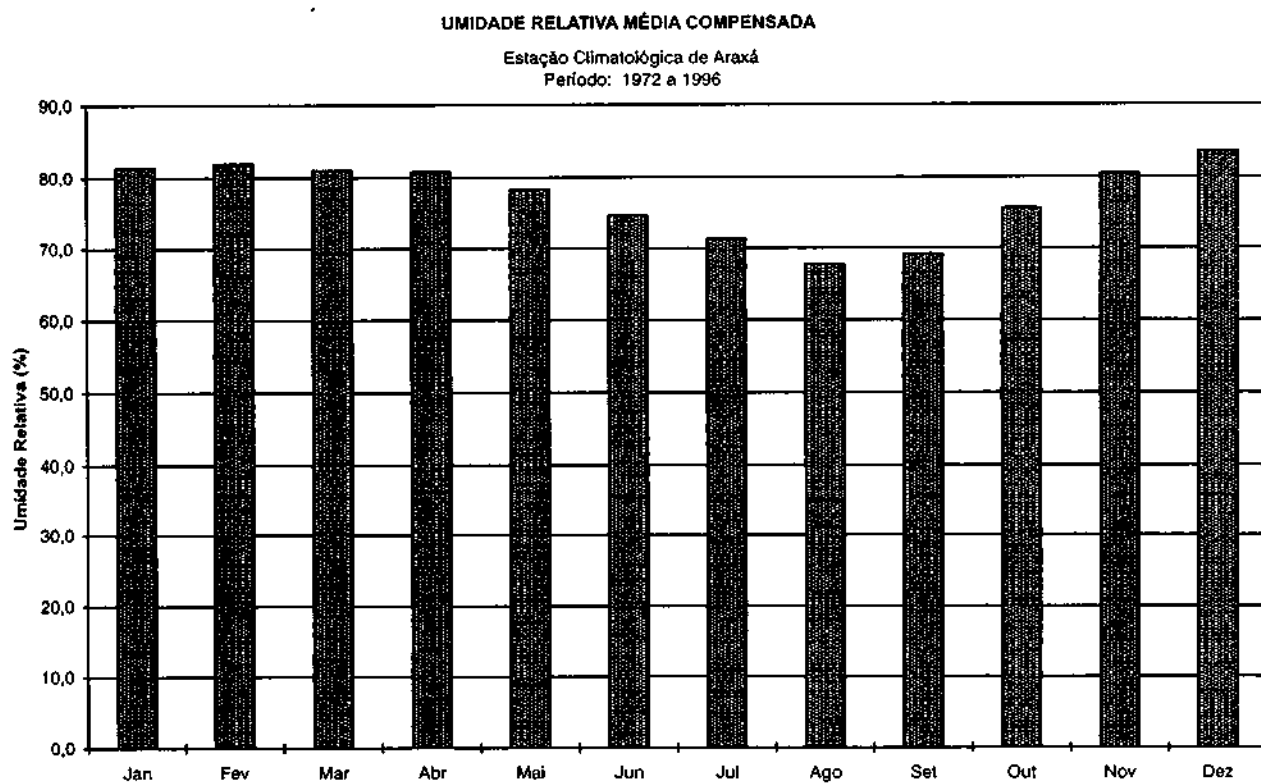


Figura 9 - Valores médios mensais.

Isto ocorre porque o aparelho é instalado dentro do abrigo meteorológico, onde a exposição à radiação solar e aos ventos é prejudicada. Além disso, as condições de umidade e de temperatura no abrigo também são diferentes das que ocorrem no ambiente externo. Devido a essas distorções, optou-se por não utilizar os dados do atmômetro.

Os dados provenientes do tanque evaporimétrico apresentaram problemas, uma vez que ocorreram muitas falhas de leitura no período. O conjunto de dados válidos foi insuficiente para gerar uma série histórica adequada.

Vento

Os dados de vento obtidos para Araxá referem-se ao período 1972 a 1996 (direções e velocidades). Os ventos provenientes de leste predominaram na região durante todos os anos, com 30,4% do total das observações diárias. Seguiram-se em frequência as direções N, NE e SE, representando, respectivamente, 16,6%, 11,5% e 10% do total observado. Os ventos provenientes de oeste (W, NW e SW) ocorreram com menor frequência na área municipal.

Com relação à velocidade dos ventos, a média anual foi de 2,0 m/s para o período estudado. Os maiores valores mensais foram verificados em agosto e setembro, alcançando, em média, 4,7 m/s. Por outro lado, a menor velocidade média mensal, de 1,8 m/s, ocorreu no mês de janeiro. A figura 10 apresenta a rosa dos ventos e a variação das velocidades médias mensais ao longo do ano.

8.3.3 - Precipitação

Os dados pluviométricos da estação de Araxá foram obtidos junto ao INMET. A série abrange o período de 1917 a 1997, sendo que no período de 1960 a 1970 as leituras foram interrompidas. A série histórica que contém os anos completos (sem falhas) perfaz um total de 48 elementos.

O total pluviométrico médio anual para o período estudado de 1972 a 1996 (considerando-se o ano civil) foi de 1.562 mm. O ano mais chuvoso nesse período foi 1983, registrando um total de 2.031 mm. Por outro lado, o menor registro anual ocorreu em 1990, com 1.020 mm. Cabe observar que, devido à quantidade de falhas ocorridas ao longo da série, não foi possível avaliar a seca atípica ocorrida em grande parte da região sudeste no início da década de 1960.

O número médio anual de dias de chuva, para o mesmo período, foi de 124 dias. O máximo ocorreu em 1983, de 160 dias de chuva; já o mínimo, ocorrido em 1990, foi de 104 dias.

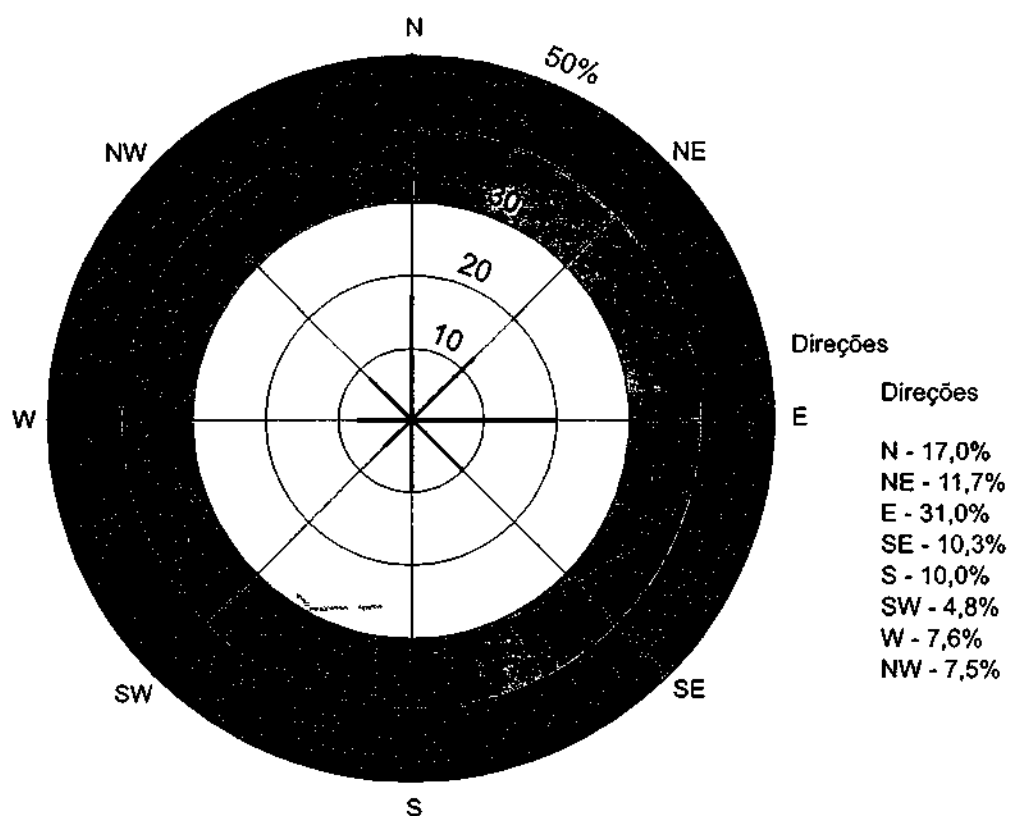
Quanto à distribuição anual das precipitações, Araxá possui regime pluviométrico tipicamente tropical, uma vez que ocorre uma grande concentração pluviométrica no verão e seca no inverno. O trimestre mais chuvoso, correspondente aos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, apresentou precipitação total de 784 mm, contribuindo, em média, com cerca de 50% do total anual precipitado. Já o período seco se estende normalmente por 5 meses, de maio a setembro, representando menos de 10% das chuvas anuais. A Figura 11 apresenta os histogramas das precipitações médias mensais e do número médio de dias de chuva.

8.3.4 - Evapotranspiração Potencial

A evapotranspiração é entendida como a perda de água por evaporação do solo acrescida à que é transpirada pelas plantas.

A evapotranspiração real é a que ocorre em condições reais de umidade do solo e cobertura vegetal. Calculá-la é uma tarefa difícil, uma vez que a evapotranspiração real envolve processos complexos e extremamente dinâmicos, relacionados inclusive com organismos vivos, processos estes de difícil quantificação. Uma alternativa usualmente adotada para resolver este problema é a determinação da evapotranspiração potencial ou de referência, isto é, da que ocorreria se houvesse sempre água disponível na superfície vegetada e no solo. Sua estimativa pode ser obtida

Frequência Relativa das Direções do Vento
 Estação: Araxá
 (Período - 1972/1996)



VELOCIDADE MÉDIA DOS VENTOS
 Estação Climatológica de Araxá
 Período: 1972 a 1996

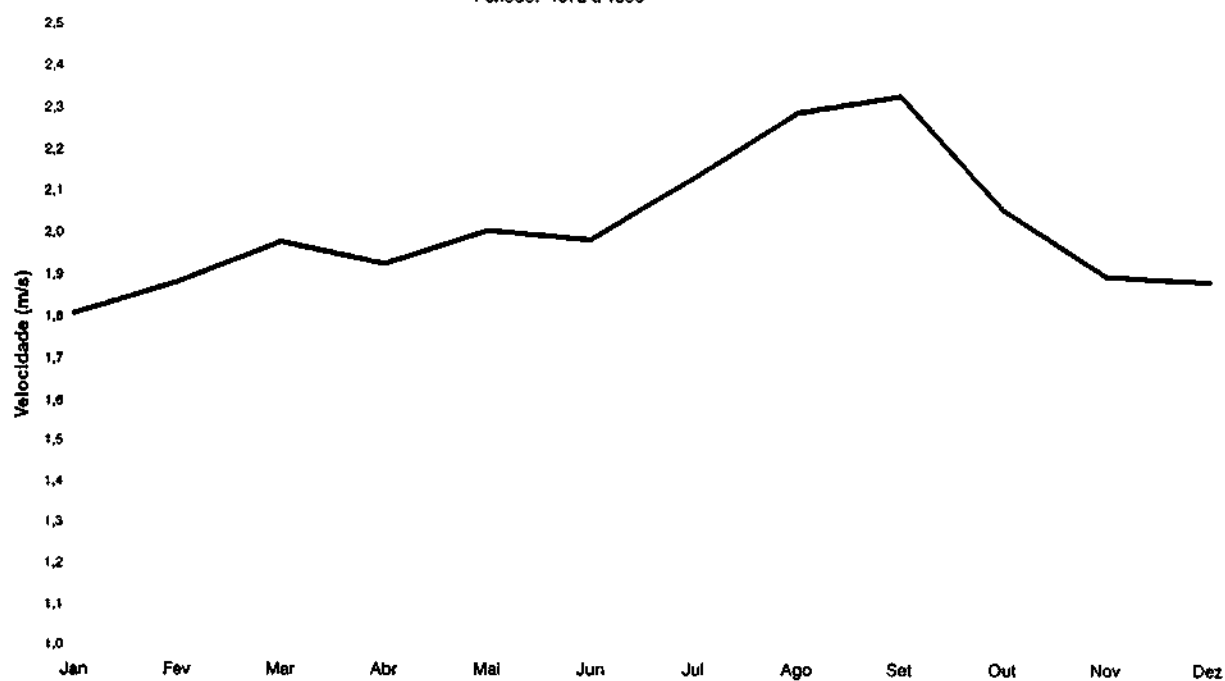
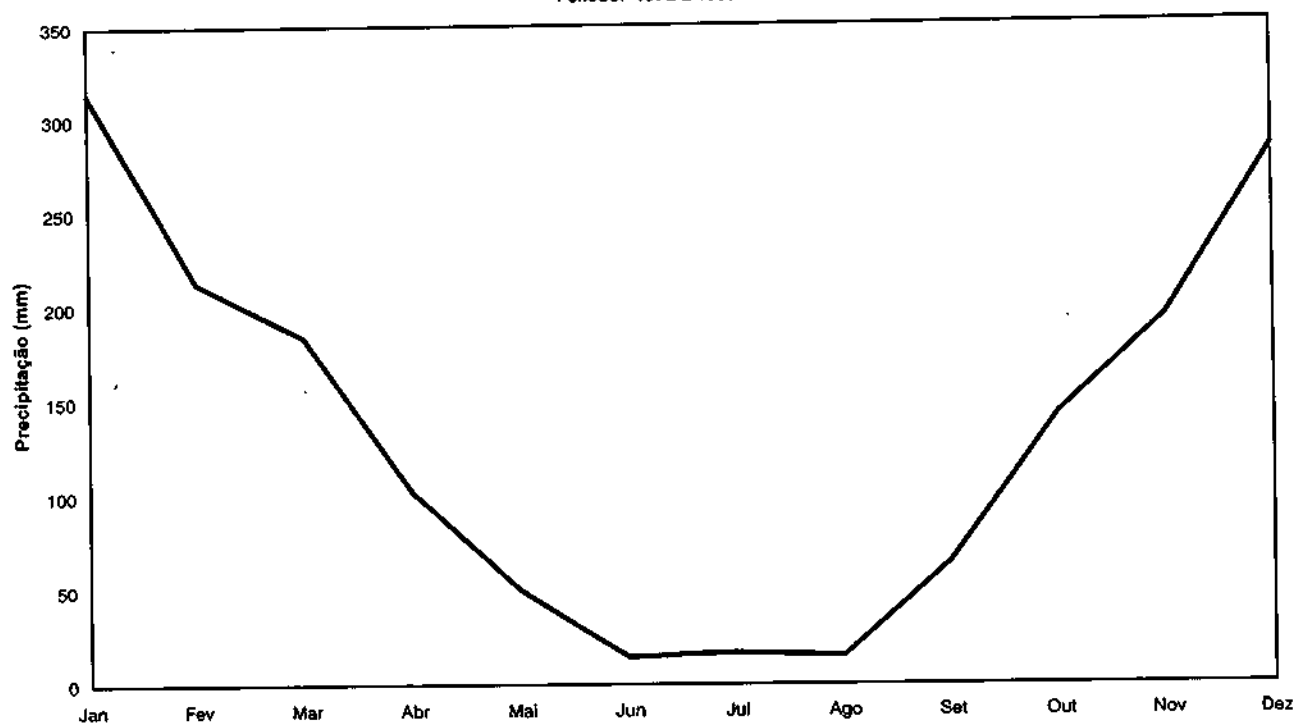


Figura 10 - Direções e velocidade dos ventos.

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS ANUAIS

Estação Climatológica de Araxá

Período: 1972 a 1996



NÚMERO DE DIAS DE CHUVA

Estação Climatológica de Araxá

Período: 1972 a 1996

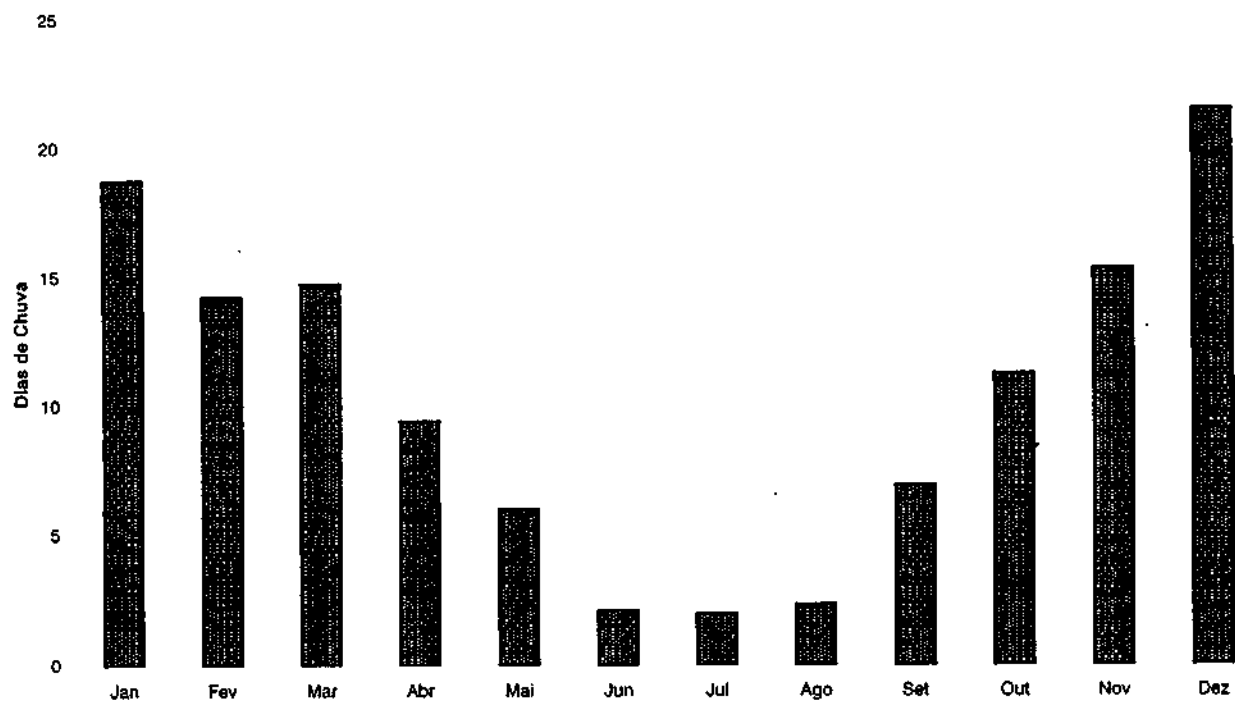


Figura 11 - Precipitações médias mensais e número médio de dias de chuva.

indiretamente a partir de modelos empíricos ou semi-empíricos, baseados em leis físicas relacionadas com os parâmetros meteorológicos intervenientes.

Uma vez que se dispõe de dados de temperatura para a estação de Araxá, foi realizada a avaliação da evapotranspiração potencial através da metodologia desenvolvida por Thornthwaite.

Thornthwaite (1948, in Villa Nova e Reichardt, 1989), a partir de estudos de correlação entre os dados de evapotranspiração medida e de temperatura do ar, elaborou a seguinte expressão empírica para o cálculo da evapotranspiração mensal:

$$ET_o = b(T_m)^a$$

onde:

ET_o = evapotranspiração potencial (mm/mês);

b = fator de ajuste do comprimento do dia: $b = N/12$, onde N é o fotoperíodo, função do mês e da latitude do local;

T_m = temperatura média mensal (°C);

a é uma função do índice de calor I , dada por:

$$a = 67,5 \times 10^{-8} I^2 - 7,71 \times 10^{-5} I + 0,01792 I + 0,492$$

onde:

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_m}{5} \right)^{1,91}$$

Para Araxá, obtiveram-se os seguintes resultados, a partir dos dados relativos ao período 1972 a 1996.

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
T_m °C	21,7	22,0	22,0	20,7	19,2	17,9	17,9	19,7	21,3	21,8	21,6	21,3
Et_o (mm)	100,3	90,0	94,5	76,5	63,7	53,2	55,3	68,9	84,2	95,6	95,0	96,5

A evapotranspiração total anual é 973,7 mm.

Na estimativa da evapotranspiração, foram utilizados os dados compensados de temperatura média mensal e anual.

8.4. Hidrologia Superficial

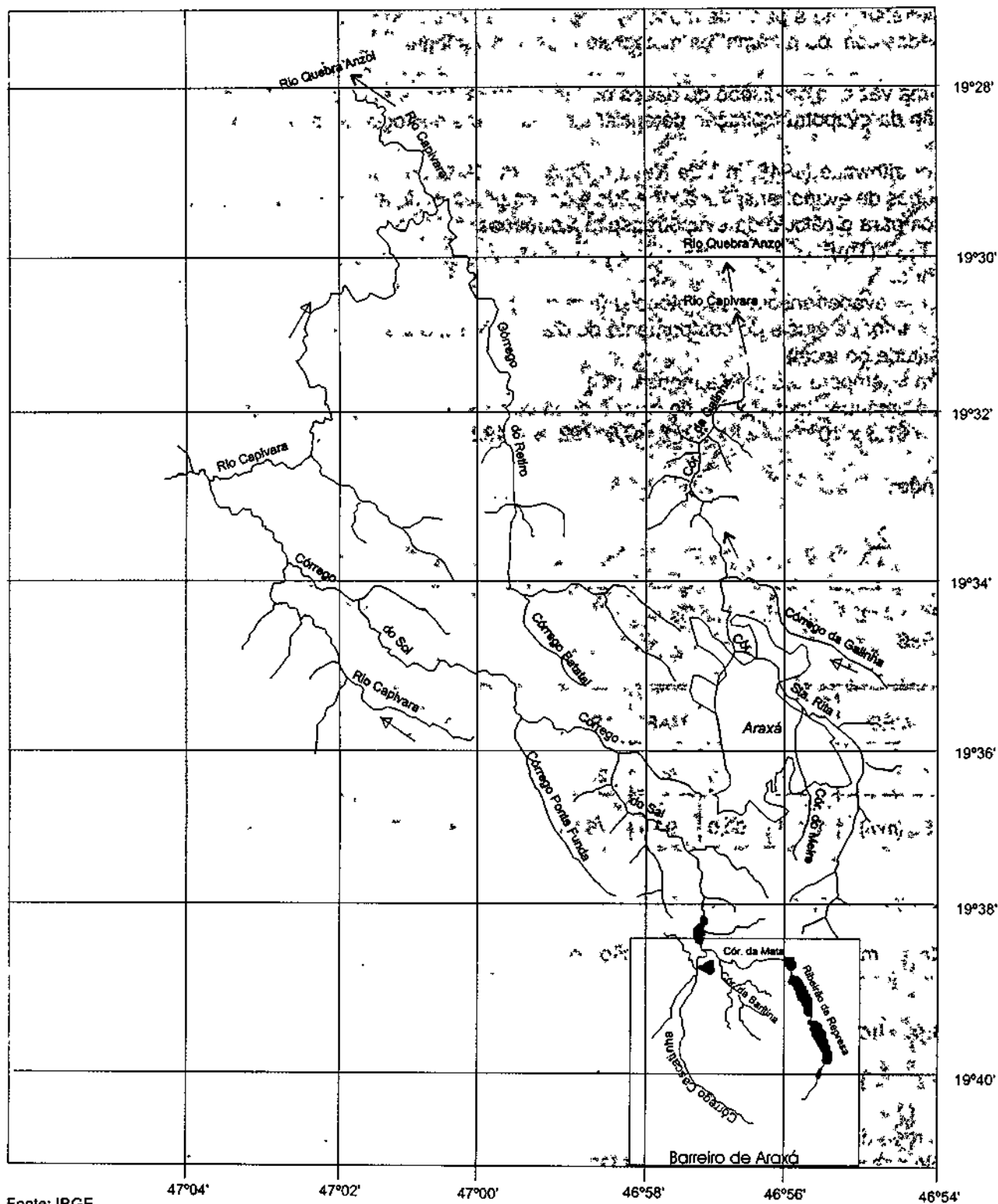
8.4.1 - Hidrografia

A rede de drenagem da área de influência do Barreiro de Araxá é comandada pelo rio Capivara. Ele nasce na Serra da Bocaina e termina na confluência com o rio Quebra Anzol.

O rio Capivara tem entre os seus tributários o ribeirão Tamanduá e o córrego do Sal. Os cursos que drenam a Estância do Barreiro são o córrego da Mata, o córrego Cascatinha e o córrego Baritina, que são afluentes do córrego do Sal. Este tem um curso de escoamento rápido, que funciona como receptor de esgotos da área do Barreiro.

A figura 12 mostra parte da bacia do rio Capivara e os cursos que drenam o município e a Estância do Barreiro de Araxá.

As sub-bacias do rio Capivara que estão sob influência direta das operações mineiro-industriais realizadas pela CBMM e Arafertil são:



Fonte: IBGE
 Cartas: Araxá - Ibiá - Escala 1:100.000

Figura 12 - Bacia do Rio Capivara.

- Sub-bacia do Barreiro:

Córrego da Mata (diretamente pela CBMM- Área Industrial I);
Córrego Baritina (diretamente pela CBMM e Arafétil);
Córrego Cascatinha (diretamente pela Arafétil);
Córrego do Sal (indiretamente).

- Sub-bacia do Ribeirão Pirapetinga (parte):

Córrego Santa Luzia e Ribeirão Pirapetinga (diretamente pela CBMM - Área Industrial II);
Ribeirão Tamanduá (indiretamente).

Neste trabalho será abordada somente a sub-bacia do Barreiro. As figuras 13 e 14 mostram as fotos aéreas com a visão do Grande Hotel de Araxá e dos córregos Cascatinha, Baritina e da Mata tiradas em 1964 e 1986, respectivamente. Observam-se as alterações sofridas pelos córregos, ao longo de seus cursos, no decorrer deste período, devido às atividades mineradoras.

8.4.1.1- Características Hidrográficas e Ambientais da Sub-Bacia do Barreiro

Córrego da Mata

O Córrego da Mata é o curso d'água que drena a Área Industrial I da CBMM. Neste córrego foram construídas as barragens de contenção de rejeitos e de abastecimento de água denominadas B2, B3 e B4. Ainda no Córrego da Mata, a jusante da barragem B4, está implantada uma barragem denominada D.

A figura 15 mostra o percurso do córrego e as barragens de contenção de rejeitos e de abastecimento de água.

O Córrego da Mata é afluente do Córrego da Baritina. O seu percurso atual e o local da confluência com o Córrego Baritina fazem com que ele não tenha influência direta na área do Complexo Geológico do Barreiro.

Córrego Baritina

A bacia do córrego é ramificada e curta. A área de drenagem é de aproximadamente 4,64 km². O seu leito natural foi alterado com a construção de estruturas hidráulicas ao longo do curso.

As estruturas existentes no Córrego da Baritina e no seu pequeno afluente da margem direita são barragens que foram construídas com o objetivo de conter sólidos provenientes da área da mina da CBMM (barragens BM1 e BM2). Além da BM1, existem no Córrego da Baritina a barragem A e as barragens de gabiões (barragens B1, B2, B3, B4 e B5) localizadas próximo ao Parque das Águas. A barragem A foi construída no período de 7 a 8/1985 e as barragens de gabiões no período de 6/1986 a 5/1987.

As barragens vertem o ano inteiro, inclusive no período de estiagem.

Atualmente, o curso natural do córrego Trifon, afluente da margem esquerda do córrego Baritina, teve seu curso desviado pelas atividades de mineração da Arafétil, sendo deslocado diretamente para o córrego Baritina.

A figura 15 mostra o percurso do córrego e as barragens de contenção de sólidos.

O córrego da Baritina tem influência direta na área do Complexo do Barreiro.



Figura 13 - Foto aérea de 1964 da área do Barreiro.



Figura 14 - Foto aérea de 1986 da área do Barreiro.

Córrego da Cascatinha

A bacia do córrego é estreita e longa. A área de drenagem é de aproximadamente 5,82 km². A seção mais íngreme do córrego é a que passa dentro da Mata da Cascatinha com gradiente de até 428 m/km. A jusante da mata foram construídas as barragens E e F. A montante da mata o curso foi bastante alterado, devido às atividades de mineração da Arafertil (foto 15).

As barragens "E" e "F" foram construídas com o objetivo de atender ao convênio PRÓ-ARAXÁ, para a manutenção do nível freático, a jusante da mina, visando manter a vazão da fonte Dona Beja. Atualmente, as barragens "F" e "E" funcionam como receptores dos drenos da mina da Arafertil e do córrego dos Borges (afluente da margem esquerda, que foi desviado - ver figura 15). O lençol freático é interceptado pelo corte da mina, sendo a água canalizada para o lago "F" e a seguir para o lago "E" (fotos 5 e 6).

No ponto H (figura 15) observou-se, ainda, a existência de uma pequena barragem construída aparentemente para desviar o curso do córrego (foto 17).

Ao longo do trecho percorrido, todas as barragens vertem o ano inteiro, inclusive no período de estiagem.

8.4.2 - Avaliação das Disponibilidades Hídricas de Superfície

Os córregos Cascatinha e Baritina têm influência direta na área do Barreiro. Tendo em vista a ausência da série histórica dos dados básicos (cotas limimétricas e medições de descarga) dos córregos citados, necessitou-se adotar um enfoque regional para a avaliação quantitativa das disponibilidades hídricas.

A figura 16 mostra a situação da bacia do rio Capivara em relação às bacias mais próximas adjacentes consideradas neste trabalho: a do rio Dourados e a do rio Bagagem.

A figura nº 17 mostra a sub-bacia do Barreiro e os córregos das sub-bacias adjacentes.

8.4.2.1 - Levantamento dos Dados

Para o desenvolvimento de uma série de dados para um período representativo de maior extensão, no local de interesse, visou-se transferir as informações existentes das bacias vizinhas. A metodologia utilizada para a transferência será discutida no item 8.4.2.3.

Foram levantados os seguintes dados fluviométricos:

Para os córregos pertencentes às sub-bacias próximas e com a mesma tipologia (Souza, 1993) da sub-bacia do Barreiro, foi solicitada à COPASA-MG a série de cotas médias diárias e o resumo de medições de descarga. Os locais onde se coletaram as informações foram:

- Córrego Feio;
- Córrego Areia;
- Córrego Fundo;
- Córrego Retiro; e
- Córrego da Máquina, em Perdizes.

A localização dessas estações está apresentada na figura 16.

Na bacia do Alto Paranaíba foram selecionadas as estações pertencentes à rede hidrométrica do DNAEE que têm área inferior a 100 km² e com a tipologia mais semelhante à sub-bacia do Barreiro. São elas:

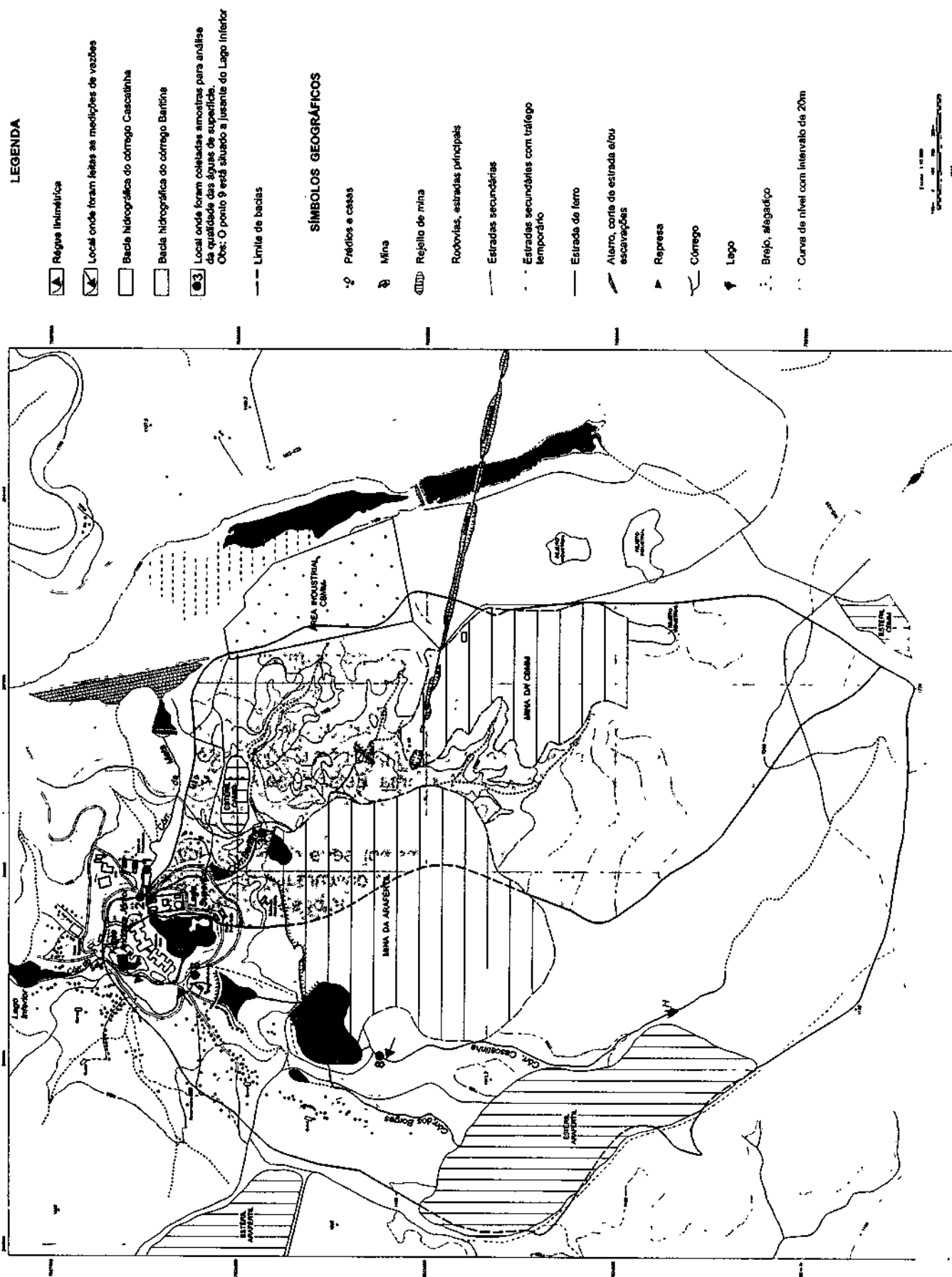


Figura 15 - Mapa Hidrológico.

Charqueada do Patrocínio, código 60100000, localizada no rio Dourados, com área de drenagem de 69 km² e operada a partir de 1952.

Iraí de Minas, código 60145000, localizada no rio Bagagem, com área de drenagem de 82 km² e operada a partir de 1952.

A localização dessas estações está apresentada na figura 16.

8.4.2.2 - Análise dos Dados Fluviométricos

Os postos da rede hidrométrica da COPASA têm por objetivo controlar o regime dos cursos d'água onde são feitas as captações de água. A série de cotas dos postos analisados situados nos córregos Feio, Areia, Fundo e Retiro encontram-se com falhas, sendo que em alguns casos as leituras são feitas apenas uma ou duas vezes por semana. O posto situado no córrego da Máquina, em Perdizes, foi descartado pelo fato de estar a régua linimétrica situada dentro do reservatório da barragem de captação, de modo que as leituras abaixo da crista do vertedouro foram abandonadas.

A análise dos dados de medições de descarga dos postos citados indicou uma variação expressiva na relação cota x descarga. Estas dispersões dos pontos plotados devem-se, evidentemente, às alterações no comportamento fluvial no local, decorrentes de sedimentos no leito, causando sensíveis variações em todos os parâmetros técnicos: cota, descarga, área, velocidade média, profundidade, etc. A estação situada no córrego Retiro apresentou a melhor relação cota x descarga e foi considerada a melhor base para a transferência das informações para a sub-bacia do Barreiro.

Os postos do DNAEE apresentaram a série de cotas médias diárias mais extensas (1952 a 1996) e com menos falhas.

O posto fluviométrico de Charqueada do Patrocínio foi descartado, pois a análise dos dados de medições de descarga correspondentes ao período de operação (274 medições de descarga) indicou uma variação expressiva na relação cota x descarga. Estas dispersões devem-se também às alterações no comportamento fluvial do local.

O posto fluviométrico de Iraí de Minas apresentou a melhor série de dados fluviométricos. No período completo de operação, foram feitas 251 medições de descarga. A relação cota x descarga mostrou-se mais estável do que o posto Charqueada do Patrocínio, embora tenham sido evidenciados alguns períodos com variação do "datum" das réguas e do comportamento fluvial do leito (decorrentes de sedimentos). Estas alterações levaram à definição de nove curvas-chave. A partir destas curvas-chave foi produzida uma série de vazões médias diárias que abrange o período de 1952 a 1996, com poucas falhas.

O Quadro 2, a seguir, mostra o grau de aproximação entre as medições de descarga e os valores obtidos na série para os dias correspondentes ao período de operação. O valor médio do período obtido evidencia que as curvas ajustam-se bem aos valores obtidos nos dias das medições de descarga. Cumpre observar que são perfeitamente compreensíveis os desvios maiores encontrados nos dias de descargas mais expressivas.

8.4.2.3 - Definição da série histórica

Após a análise de todos os dados disponíveis, chegou-se à conclusão de que os dados dos postos fluviométricos Iraí de Minas (DNAEE) e Retiro (COPASA-MG) eram a melhor base de dados aceitável para o presente estudo.

Para a transferência de vazões entre as bacias, utilizou-se a metodologia desenvolvida por Riggs, *snt*. A partir da correlação entre as medições de descarga do posto Retiro e as vazões do posto Iraí de Minas simultâneas, ou seja, ocorridas no mesmo dia, definiu-se uma equação de transferência.

Data	Medições de vazão	Vazões calculadas	Relação
12/10/52	0,782	0,735	1,06
22/05/53	0,622	0,55	1,13
04/04/54	1,64	1,7	0,96
26/08/54	0,2545	0,43	0,59
22/03/55	1,75	1,65	1,06
15/06/55	0,7395	0,77	0,96
21/08/55	0,46775	0,49	0,95
18/12/55	7,74	8,39	0,92
12/09/56	0,9855	0,705	1,40
16/05/57	3,705	3,3	1,12
10/07/57	1,635	1,55	1,05
01/03/58	3,84	4,08	0,94
19/05/58	1,705	1,65	1,03
21/05/59	1,065	1,18	0,90
20/06/59	1,17	1,02	1,15
18/08/59	0,746	0,861	0,87
09/03/60	1,42	1,95	0,73
17/05/60	1,019	1,35	0,75
17/08/60	0,6995	0,805	0,87
24/01/61	1,92	1,85	1,04
22/04/61	1,73	1,65	1,05
23/03/62	3,66	3,15	1,16
23/05/62	1,04	0,68	1,53
27/02/64	1,63	1,62	1,01
09/09/64	0,346	0,634	0,55
06/07/65	1,295	1,46	0,89
09/08/65	2,48	2,55	0,97
23/11/65	2,495	2,72	0,92
10/01/66	13,5	13,7	0,99
20/06/66	1,65	1,55	1,06
26/07/66	1,33	1,31	1,02
12/08/66	1,24	1,19	1,04
22/09/66	1,19	1,17	1,02
27/10/66	1,12	1,13	0,99
09/11/66	1,45	1,49	0,97
22/11/66	2,45	2,33	1,05
09/12/66	1,16	1,17	0,99
21/03/67	3,725	3,92	0,95
21/04/67	2,2	2,18	1,01
24/06/67	1,495	1,5	1,00
15/07/67	1,36	1,36	1,00
12/08/67	1,155	1,19	0,97
16/09/67	1,115	0,94	1,19
19/10/67	0,8205	0,724	1,13
16/12/67	2,32	2,4	0,97
21/02/68	2,65	2,89	0,92
04/07/68	0,899	1	0,90
02/10/68	0,685	0,532	1,29
30/10/68	0,8125	0,647	1,26

Data	Medições de vazão	Vazões calculadas	Relação
13/05/69	0,5525	0,555	1,00
15/07/69	0,3765	0,44	0,86
07/08/69	0,327	0,374	0,87
09/09/69	0,216	0,22	0,98
08/10/69	0,3155	0,352	0,90
19/11/69	1,86	1,73	1,08
18/12/69	2,86	2,78	1,03
18/02/70	2,23	2,21	1,01
09/11/70	1,235	1,18	1,05
01/12/70	1,29	1,1	1,17
25/06/71	0,535	0,396	1,35
25/08/72	0,3795	0,542	0,70
16/10/72	1,42	1,45	0,98
22/01/73	2,1	1,91	1,10
13/02/73	3,275	3,25	1,01
18/03/73	3,085	3,12	0,99
17/04/73	3,34	3,48	0,96
24/06/73	1,42	1,4	1,01
18/08/73	1,04	1,18	0,88
17/01/74	2,07	1,91	1,08
07/02/74	1,53	1,43	1,07
11/03/74	2,83	2,69	1,05
06/04/74	1,755	1,69	1,04
05/06/74	1,7	1,73	0,98
13/09/74	0,845	0,8	1,06
09/10/74	0,96	0,92	1,04
18/12/74	2,01	1,7	1,18
26/12/74	4,68	4,7	1,00
18/01/75	1,37	1,35	1,01
14/02/75	1,32	1,35	0,98
15/03/75	0,88	1,04	0,85
20/03/75	1,15	1,08	1,06
22/05/75	0,859	0,96	0,89
18/06/75	0,717	0,88	0,81
20/08/75	0,487	0,724	0,67
17/01/76	1,22	1,2	1,02
23/01/76	0,987	1	0,99
12/02/76	0,976	0,88	1,11
14/03/76	0,946	0,96	0,99
10/04/76	0,805	0,724	1,11
14/06/76	0,667	0,61	1,09
12/08/76	0,421	0,324	1,30
21/10/76	0,54	0,496	1,09
08/12/76	0,955	0,88	1,09
14/01/77	0,69	0,648	1,06
21/02/77	0,777	0,61	1,27
12/04/77	1,38	1,39	0,99
10/06/77	0,791	0,71	1,11
12/08/77	0,228	0,332	0,69

Quadro 2 - Relação entre as vazões medidas e calculadas.

Data	Medições de vazão	Vazões calculadas	Relação
13/10/77	0,514	0,356	1,44
08/12/77	1,71	1,47	1,16
11/01/78	2,17	1,96	1,11
12/03/78	1,58	1,82	0,87
10/05/78	1,08	1,26	0,86
15/07/78	1,07	1,04	1,03
09/09/78	0,914	1,07	0,85
08/11/78	0,778	0,834	0,93
12/01/79	2,63	3,44	0,76
13/03/79	3,17	4,18	0,76
12/05/79	1,41	2	0,71
12/07/79	1,26	1,64	0,77
21/09/79	1,26	1,22	1,03
16/11/79	1,33	1,39	0,96
11/01/80	2,39	2,69	0,89
12/03/80	1,48	1,51	0,98
10/07/80	1,02	0,902	1,13
12/11/80	1,78	1,73	1,03
17/01/81	3,35	4	0,84
21/03/81	3,13	3,6	0,87
10/05/81	1,21	1,07	1,13
10/09/81	1,07	0,94	1,14
07/11/81	1,89	1,75	1,08
21/01/82	9,43	9,87	0,96
18/03/82	3,69	4,33	0,85
17/05/82	2,24	2,35	0,95
06/11/82	1,28	1,35	0,95
13/01/83	6,91	7	0,99
12/03/83	3,43	3,06	1,12
16/05/83	2,44	2,35	1,04
12/07/83	1,88	2,1	0,90
16/02/84	2,6	2,46	1,06
10/04/84	1,9	2,1	0,90
12/06/84	1,2	1,21	0,99
07/08/84	0,971	0,926	1,05
16/10/84	1,02	0,862	1,18
10/02/85	2,65	2,67	0,99
15/04/85	2,1	2,14	0,98
17/06/85	1,37	1,36	1,01
11/08/85	1,07	1,07	1,00
12/10/85	1,62	1,65	0,98
19/02/86	2,42	2,61	0,93
16/04/86	1,34	1,25	1,07
17/06/86	0,827	0,998	0,83
12/08/86	0,757	0,862	0,88
20/10/86	0,461	0,585	0,79
19/06/87	1,3	1,29	1,01
18/08/87	1,22	1,03	1,18
25/10/87	1,81	1,65	1,10

Data	Medições de vazão	Vazões calculadas	Relação
19/01/88	1,78	1,79	0,99
17/03/88	1,95	2,05	0,95
21/07/88	1,2	1,18	1,01
21/09/88	0,745	0,644	1,16
20/02/89	1,79	1,72	1,04
19/04/89	1,31	1,36	0,96
19/06/89	1,06	1,14	0,93
23/08/89	0,941	0,96	0,98
21/08/92	2	1,49	1,34
03/12/92	4,06	4,09	0,99
04/06/93	2,3	2,32	0,99
22/08/93	1,43	1,49	0,96
08/10/94	1,53	0,998	1,53
08/03/95	1,61	1,65	0,98
01/06/95	1,73	1,79	0,97
11/09/95	0,437	0,535	0,82
15/11/95	1,1	0,926	1,19
17/01/96	2,13	1,74	1,22
03/05/96	0,759	0,806	0,94
30/07/96	0,27	0,294	0,92
20/11/96	2,05	1,57	1,31
Média			0,99

Quadro 2 - Relação entre as vazões medidas e calculadas (continuação).

Com base nesta equação, a média das vazões médias mensais para o período de dados disponíveis foi transferida para o posto Retiro.

A figura 18 mostra a correlação entre os postos Iraí de Minas e Retiro.

O Quadro 3 mostra as vazões médias do posto Iraí de Minas, a equação de transferência e as vazões resultantes em Retiro.

Durante a operação do posto Retiro não foi feita nenhuma medição de descarga nos córregos que drenam a região do Barreiro. Assim, o único recurso disponível é a transferência entre as sub-bacias com base nas respectivas áreas de drenagem.

Para transferir as vazões de Retiro para a região do Barreiro, utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{Vazão afluente na região do Barreiro} = \text{Vazão Posto Retiro} \times \frac{\text{AD(BA)}}{\text{AD(Retiro)}}$$

onde:

AD(BA) = Área de drenagem do Barreiro de Araxá = Somatório das áreas de drenagem dos córregos Cascatinha e Baritina = 10,4 km².

AD(Retiro) = Área de drenagem do Posto Retiro = 13,8 km².

O Quadro 4 mostra as vazões específicas mensais (preliminares) resultantes da região do Barreiro.

8.4.3 - Levantamento de Campo

Nesta etapa do trabalho, foram instaladas réguas linimétricas no córrego Baritina e na saída do Lago Superior. No córrego Cascatinha não se instalaram as réguas, pois a altura da lâmina d'água é muito pequena, inviabilizando as leituras. Foram feitas medições em dois pontos do córrego Cascatinha e em um ponto no córrego Baritina (foto 16).

A figura 15 mostra os locais onde foram instaladas as réguas linimétricas e os pontos onde foram feitas as medições de vazão. O Quadro 5 apresenta os valores das vazões medidas.

8.4.4 - Recomendações

O método utilizado para a estimativa da vazão específica mensal na região do Barreiro de Araxá não apresenta grande precisão. Recomendamos que se prossiga com a campanha de medições de vazão e leituras das réguas linimétricas nos próximos anos. Só com, pelo menos, dois anos de campanha, é possível gerar uma série de vazões confiável.

Cabe ressaltar que os resultados obtidos nas campanhas de medição de vazão dos córregos Cascatinha e Baritina, realizadas durante este trabalho, apresentaram algumas incoerências. O córrego Cascatinha, que possui uma área de drenagem aproximadamente 21% superior ao Baritina, apresentou uma vazão significativamente inferior.

Esta incoerência não pode ser esclarecida com as informações disponíveis durante a realização deste trabalho. As fotos e os levantamentos existentes da região não são recentes. Deste modo, recomenda-se que seja feita uma inspeção completa, inclusive com medições de descarga em vários pontos, desde as nascentes dos dois córregos até as proximidades do Grande Hotel.

8.5 - Qualidade das Águas de Superfície

Os estudos de qualidade das águas de superfície da área do Barreiro de Araxá foram realizados com os seguintes objetivos:

- avaliar as condições qualitativas e níveis de poluição em função da ocorrência de fontes contaminantes;

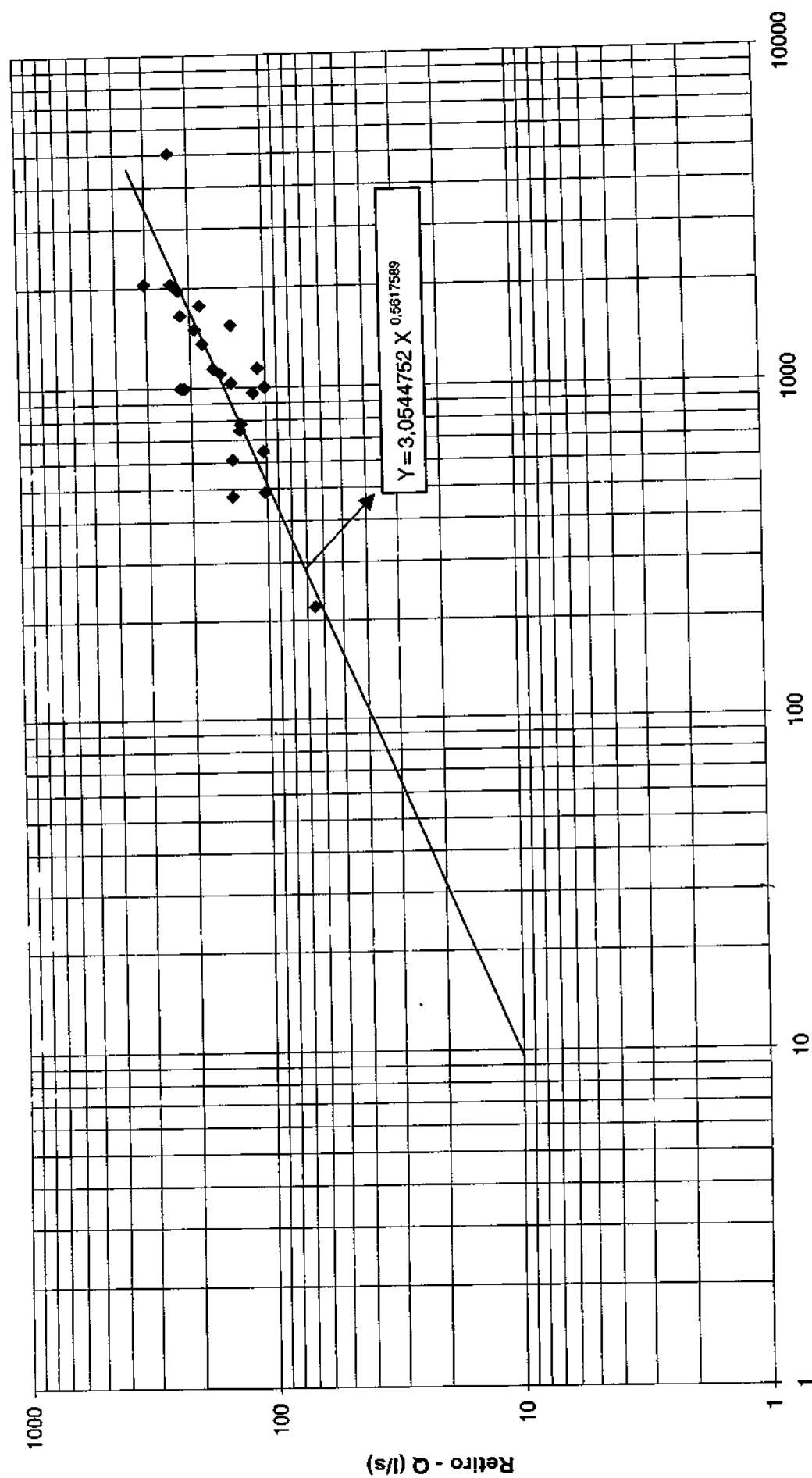


Figura 18 - Correlação entre os postos Iraí de Minas e Retiro.

tivos aos Folhelhos Ponta Grossa. Observaram ainda a ocorrência de "chapinhas" de cangas, que é um produto de intensa laterização que afetou estas litologias, sendo um fenômeno típico daquela área.

Para Northfleet, Medeiros e Mühlmann (1969) esta unidade é constituída fundamentalmente por um pacote de folhelhos e siltitos cinza-escuro, localmente betuminosos, com finas intercalações arenosas nas partes superior e inferior.

Gonçalves & Schneider (1970) identificaram a Formação Ponta Grossa, como fundamentalmente constituída por folhelhos, siltitos e arenitos finos, de cores cinza a cinza-esverdeado, alterados em superfície por intensa laterização.

Mühlmann *et alii* (1974) referiram-se a esta formação, como constituída por folhelhos, folhelhos silticos e siltitos cinza-escuro e pretos, localmente carbonosos e fossilíferos, micáceos, com intercalações de arenitos cinza-claro, finos, argilosos, micáceos, localmente formando bancos de até 5 m de espessura. Informaram que na borda noroeste da bacia os arenitos apareceriam geralmente em finas camadas bem individualizadas dentro da seção argilosa.

Segundo Schneider *et alii* (1974) distinguem-se em subsuperfície na região de Apucarana (Paraná), onde se preservou a seção mais completa, três fácies: uma inferior siltico-argilosa, uma média essencialmente argilosa e uma superior siltico-arenosa, predominando tanto em superfície como em subsuperfície a fácies siltico-arenosa. Através do relevo de *cuestas* suaves com superfícies arredondadas, caracterizaram (Costa *et alii*, 1975) a Formação Ponta Grossa, constituindo-a de folhelhos, siltitos e arenitos finos, cores avermelhadas, amareladas e pardas, apresentando seus sedimentos alterados por intensa laterização.

Ribeiro Filho *et alii* (1975), litologicamente, caracterizaram esta unidade como sendo constituída por um pacote de sedimentos finos, predominantemente siltico-argilosos, folhelhos finamente laminados, ricos em estruturas orgânicas e abundante associação fossilífera, de idade devoniana, desenvolvendo relevos de planalto pouco elevados a ondulosos, à medida que são dissecados pela erosão.

Para Schobbenhaus Filho *et alii* (1975b), a caracterização da Formação Ponta Grossa se faz com ocorrência de folhelhos verdes a cinza-esverdeado, com intercalações de arenitos finos, às vezes cimentados por óxido de ferro e com níveis piríticos. No topo da sequência constataram a ocorrência de níveis de arenitos brancos, grosseiros, localmente conglomeráticos, contendo seixos de quartzo leitoso.

Segundo Corrêa *et alii* (1976), a Formação Ponta Grossa seria constituída por clásticos finos, de cores acinzentadas quando inalterados e, avermelhados em superfície, devido a intensa laterização que afetou esses sedimentos, sendo comum a ocorrência de esferulitos ferruginosos no topo da formação.

Andrade & Camarço (1978 *apud* Andrade & Camarço, 1980) denominaram de Formação Ponta Grossa, na área leste de Iporá—Amorinópolis, no Estado de Goiás, aos sedimentos compreendidos entre a Formação Furnas e os diamictitos e arenitos da parte basal da Formação Aquidauana. Esta sequência sedimentar foi dividida informalmente em três membros: Inferior, Médio e Superior. O Membro Inferior inicia-se com conglomerado basal, capeado por arenito roxo-avermelhado, granulação fina, com intercalações de siltitos e folhelhos, passando no topo para um arenito de cor cinza-avermelhado, de granulação fina a média. O Membro Médio seria constituído por arenitos avermelhados, predominantemente de granulação média a grossa, com intercalações de camadas de arenitos finos, argilosos, bastante micáceos. O Membro Superior teria na sua parte basal um arenito fino, bem laminado, gradando para folhelho cinza-escuro quando redutor e, folhelho arroxeado quando oxidado. Os autores deste relatório consideram a Formação Ponta Grossa constituída predominantemente por arenitos finos a muito finos, micáceos, finamente estratificados, cores cinza-esverdeado a amarelado, formando às vezes bancos com 3 a 5 m de espessura, intercalados com siltitos cinza-esverdeado, argilosos, finamente estratificados, e folhelhos cinza, micromicáceos, fissil, localmente siltico. Os arenitos registram uma maior frequência nas porções mais baixas e os folhelhos em direção ao topo da sequência.

1.2.2.9.3.2 — Distribuição na área e espessura

A Formação Ponta Grossa constitui-se na unidade superior do Grupo Paraná e sua distribuição areal na Folha SD.21 Cuiabá ocorre como uma faixa relativamente estreita e descontínua, devido a condições estruturais ou erosivas, onde suas exposições estão recobertas pelas Formações Aquidauana, Botucatu e Cobertura Detrito-Laterítica. A unidade em questão aflora ao sul da Chapada dos Guimarães (SD.21-Z-C), em faixa estreita, de direção oeste-leste, com extensão de 50 km e largura média em torno de 10 km. Volta a expor-se na cidade de Dom Aquino, porção sudoeste da Folha SD.21-Z-D, em faixa aflorante de direção norte-sul, onde se constata que seus maiores desenvolvimentos transversais atingem uma largura de 30 km, mostrando seus limites meridionais, adentrando para a Folha SE.21 Corumbá. Ocorre ainda na porção leste do mesmo mosaico, representada através de manchas de contornos irregulares, controladas em parte por falhamentos normais, com evidente prolongamento para as Folhas SE.21-X-B e SD.21-Y-C. É constatada na interseção do prolongamento oriental da serra da Fica-Faca com a MT-130 (SD.21-Z-B), aflorando de modo restrito e pouco espesso, não apresentando expressão de mapeabilidade na escala adotada. Suas exposições são ainda constatadas, 10 km ao norte do rio Culuena, ao longo da MT-130 (Folha SD.21-Z-B), quando mostram uma excepcional discordância angular e litológica com o Grupo Cuiabá. Sua espessura é de difícil avaliação em superfície, mascarada que está pela intensa erosão atuante sobre seus litótipos e comprometida pelo seu comportamento estrutural.

Almeida (1954), entre a região de Chapada dos Guimarães e Buriti, mediu na borda da serra, cerca de 90 m para a espessura da parte superior da sua "Série" Chapada. Schneider *et alii* (1974) mencionaram que as maiores espessuras constatadas foram de 643 m no poço 2-AP-1-PR (Apucarana-PR) e 467 m no poço 2-AG-1-MT (Alto Garças, MT). Em superfície admitiram ficar esses sedimentos entre 200 e 300 m. Na Folha SE.22 Goiânia, na região sul de Amorinópolis, Andrade & Camarço (1980), verificaram o total de 210 m para esta unidade.

Corrêa *et alii* (1976) estimaram 70 m para esta formação, obtendo este valor através da diferença de cotas entre seus contatos superior e inferior. Esta espessura conforme suas argumentações tende a aumentar para NNE. No perfil geológico realizado entre as cidades de Dom Aquino e Poxoréu, o presente mapeamento constatou uma espessura para esta formação de 60 m, próximo da primeira cidade. Na fazenda Lagoinha, Folha SD.21-Z-C, a leste da cidade de Chapada dos Guimarães, mediram-se 57 m destes sedimentos.

1.2.2.9.3.3 — Posição estratigráfica

A posição estratigráfica desta unidade é assunto já bem esclarecido, com excelentes dados transpostos na literatura geológica. É colocada, via de regra, sobreposta à Formação Furnas e sotoposta à Formação Aquidauana. O contato inferior com a Formação Furnas se faz de maneira gradacional e concordante ou por falhamentos de gravidade. Superiormente acha-se em contato discordante erosivo, ou através de falhas de gravidade com a Formação Aquidauana e localmente restrito com a Formação Botucatu, evidenciado sobrejamente a norte de Dom Aquino e a leste de Poxoréu (Folha SD.21-Z-D). De notável expressão morfológica é a sua relação tectônica com os sedimentos da Formação Bauro, através da Falha de Poxoréu; quando o pacote sedimentar desta última coloca-se em nível inferior aos sedimentos devonianos Ponta Grossa. É ainda recoberta discordantemente e localmente contactando por falha, com a Formação Botucatu, em faixas restritas a oeste da cidade de Chapada dos Guimarães (SD.21-Z-C). Encontra-se encoberta pela Cobertura Detrito-Laterítica (TDLI), nas Folhas SD.21-Z-C e SD.21-Z-D. Contribuição ao tempo de deposição desta unidade, Daermen *et alii* (1967 *apud* Corrêa *et alii*, 1976), ao estudarem a distribuição dos esporófitos do Devoniano, concluíram pela deposição dessa formação do Emisiano ao Frasniano.

Já Northfleet, Medeiros e Mühlmann (1969) e Schneider *et alii* (1974) relataram que a idade devoniana é aceita pela maioria dos autores, tendo suporte na abundante fauna de trilobitas, braquiópodes e quitinozóários registrada.

Mühlmann *et alii* (1974) observaram ter esta unidade uma riqueza tanto em macrofósseis como em microfósseis. Informaram ainda

da que o zoneamento bioestratigráfico indicou que os sedimentos mais antigos da formação correspondiam aos Andares Emsiano e Eifeliano. Para a borda noroeste da bacia os seus sedimentos silticos pertenceriam aos Andares Givetiano e Frasniano, assentando diretamente sobre a Formação Furnas. Os autores deste relatório, aliçados nas diversas opiniões e trabalhos de inúmeros pesquisadores, que se dedicaram à questão, consideram esta unidade com idade devoniana, distribuída do Emsiano (Devoniano Inferior) ao Frasniano (Devoniano Superior).

1.2.2.9.3.4 — Litologias e estruturas

A Formação Ponta Grossa morfologicamente se apresenta bem refletida em imagem de radar, onde a distribuição de clásticos finos em toda área revela geralmente um relevo dissecado, com formas onduladas, elevações não muito proeminentes, com topos aguçados em áreas acidatadas, drenagem dendrítica e mudança na vegetação, possibilitando sua fácil identificação com relação às formações que contata.

Nesta Folha ao milionésimo tem-se a partir da cidade de Chapada dos Guimarães, no sentido leste, uma predominância dos arenitos finos a muito finos, com intercalações de siltitos micáceos e folhelhos, as quais tendem gradativamente a aumentar nas proximidades de Dom Aquino, sendo relacionadas às partes mais basais da formação. Entre Dom Aquino e Poxoréo, a grosso modo, pode-se equiparar estas intercalações, com ligeiro predomínio para a fração pelítica. De Poxoréo, em direção aos limites orientais da Folha SD.21 Cuiabá, há uma incidência maior de folhelhos com siltitos e argilitos subordinados, admitindo-se estarem em posição mais superior da unidade. Nesta última região, intensa laterização mascara suas exposições. A SSE de Poxoréo, as frequentes intercalações entre arenitos, siltitos e folhelhos, com perceptível ascendência dos clásticos finos laminados, no caso siltitos e folhelhos, sobre a primeira litologia, foram interpretados como deposições relacionadas às frações intermediárias a superiores da formação em epígrafe.

É comum encontrar-se bancos de arenitos configurando topos de relevos aplainados, onde é possível observarem-se constantemente capas lateríticas, com 2 a 3 m de espessura, constituídas por esferulitos ferruginosos de origem epigenética. Esta mesma capa ferruginosa é assinalada com igual frequência em outros litótipos desta unidade. Para Gonçalves & Schneider (1970), estes esferulitos ferruginosos configuram o topo da formação, assunto também comentado por Andrade & Camarço (1980), sendo que estes últimos autores julgaram estas laterizações semelhantes aos oólitos encontrados na parte superior da Formação Pimenteiras da Bacia do Parnaíba.

Os arenitos encontrados são finos a muito finos, mostrando que intercalações com os pelitos tornam-se mais frequentes, à medida que se sobe na coluna. São geralmente quartzosos, micromicáceos, argilosos, boa seleção, esfericidade média, grãos subarredondados a angulosos com esparsas pontuações de óxido de ferro. Suas cores variadas dependem do grau de intemperismo a que foram submetidos. São amarelos, marrons, arroxeados, avermelhados, cinza a cinza-esverdeado e brancos. Sua litificação é moderada, sendo aumentada quando laterizado. Observa-se que o excesso de ferrificação pode torná-lo quebradiço e fragmentado, apresentando localmente leitões ondulados e retorcidos devido a fenômenos de compactação diferencial. A laminação plano-paralela é sua estrutura frequente, onde plaquetas milimétricas de mica se orientam segundo aqueles planos de laminação. Apresenta estratificação de pequeno porte e localmente porta estratificação cruzada tabular. São comuns intercalações subordinadas de folhelhos fossilíferos. Constituindo as porções mais superiores deste pacote sedimentar, os litótipos que ocorrem são os siltitos, folhelhos silticos e argilitos subordinadamente. Geralmente estes sedimentos são bastante micáceos, com cores variadas, onde predominam as marrom-avermelhada, amarelada e marrom-chocolate. Surgem também, quando inalterados, as cores cinza a cinza-esverdeado. As camadas de argilitos quando presentes mostram-se com espessuras que variam de 5 a 25 cm, com cores bordô bem litificadas. Os folhelhos silticos, com maiores ocorrências no topo da sequência, portam cores que variam de cinza-esverdeado a amarelado-ocre, normalmen-

te plano-laminados, bastante micáceos, onde as micas acompanham os planos de laminação, matriz siltica. Intercalados nesta litologia têm-se leitões descontínuos centimétricos, de arenitos finos e siltitos, dispostos erraticamente. A limonitização aqui é frequente, sendo mais intensa no topo dos afloramentos, conferindo-lhes uma cor marrom-chocolate típica. A estrutura sedimentar que ocorre com mais frequência na área é a laminação plano-paralela, porém são observadas em determinados locais estratificação cruzada de pequeno porte, laminação *flaser* e marcas de ondas assimétricas. Certas deformações encontradas ao longo do acamamento podem ser atribuídas a efeitos de sobrecarga, geralmente pronunciados nos termos folhelhos/argilitos. Outra estrutura epigenética frequente são as concreções ferruginosas, alongadas e litificadas ("bonecas de ferro"), encontradas ao longo das lâminas de folhelhos, bem caracterizadas ao sul do rio Culuene, nas falhas da serra da Fica-Faca, já nos limites orientais da Folha SD.21 Cuiabá, nas imediações do ribeirão Alminhas (SD.21-Z-D). É conhecida a tentativa de alguns autores em dividir a Formação Ponta Grossa em três membros. Os trabalhos pioneiros de Ludwig & Ramos (1965) e Lange & Petri (1967) mostram essas separações da formação ao sul da bacia. Andrade & Camarço (1978, *apud* Andrade & Camarço, 1980) dividiram-na informalmente em três membros, abarcando o flanco nordeste da mesma bacia. Caracterizaram o Membro Inferior como constituído por conglomerado basal, arenitos finos com intercalações de siltitos e folhelhos; o Membro Médio composto por arenitos vermelhos, médios a grosseiros, com intercalações de arenitos argilosos e micáceos e depósitos de canais evidenciados por conglomerados petromíticos e, o Membro Superior com arenitos finos gradando a folhelhos. No presente mapeamento, conseguiu-se separar grosseiramente três zonas onde as incidências litológicas seriam inferiormente camadas de arenitos finos a muito finos, com poucas intercalações silticas e níveis subordinados de folhelhos; na zona mediana haveria uma equiparação nas intercalações entre arenitos, siltitos e folhelhos, com argilitos subordinados, onde a razão argila/areia já tenderia para o primeiro e, mais para o topo intercalações frequentes, bruscas e gradacionais entre folhelhos/siltitos/argilitos, predominando o primeiro. Conforme mencionado, as intercalações fossilíferas são comuns ao longo de todo o pacote sedimentar. Esta separação nos litótipos não tem caráter temporal, mas sim uma tentativa descritiva para melhor entender a distribuição do pacote sedimentar na região, que se encontra bastante afetado por falhamentos, prejudicando por vezes a individualização destes sedimentos. A escala do mapa geológico em anexo também não permite a representação das distinções litológicas achadas.

Apesar da riqueza em conteúdo de fósseis, sua intensa intemperização colabora para a não preservação destes. No desenvolvimento dos trabalhos verificaram-se dois novos sítios fossilíferos. O primeiro situado na porção sudeste da Folha SD.21-Z-D, ao sul da interseção do ribeirão das Alminhas com a BR-070, contendo *Tentaculites* sp. e braquiópodes, atribuíveis a outra espécie de *Derbyina*, sugerindo idade devoniana. O segundo sítio, foi localizado 6 km ao norte de Dom Aquino, Folha SD.21-Z-C; na MT-344, constituído de folhelhos cinza-esbranquiçado, contendo moldes de braquiópodes atribuíveis a *Derbyina* sp. Estas identificações foram efetuadas através da Seção de Paleontologia, DGM/DNPM (Rio de Janeiro, RJ). Para efeito de mapeamento, os autores do presente relatório admitem esta unidade indivisa para a Folha SD.21, considerando-a constituída predominantemente por arenitos finos a muito finos, siltitos, laminados finamente, argilosos, cor cinza-esverdeado, micáceos, com presença de folhelhos micáceos subordinada, onde sua incidência é maior para o topo da sequência.

1.2.2.9.3.5 — Origem e ambiente de sedimentação

A Formação Ponta Grossa apresenta um conteúdo fossilífero abundante, indicando de maneira precisa condições marinhas de deposição, fortalecida por opiniões de autores conceituados, que se dedicaram a este estudo.

Almeida (1948a), referindo-se a Formação Ponta Grossa, apenas citou os sedimentos como depósitos mais profundos do mar eodévoniano, que se constituiriam em folhelhos e arenitos que recobririam os Arenitos Furnas.

O mesmo Almeida (1954) caracterizou a deposição da sua Fácies Ponta Grossa em águas profundas, menos movimentadas, efetuada através de uma transgressão lenta.

Já Oliveira (1964b) informou que estes sedimentos foram depositados em zona nerítica, sob condições redutoras e de clima frio, onde o grande número de fósseis marinhos e a completa ausência de corais ou outras formas de clima quente confirmariam esta origem.

Ludwig & Ramos (1965), com base nas pequenas estruturas internas dos sedimentos, dividiram a formação em três membros. Os sedimentos do Membro Inferior seriam transgressivos, sendo depositados em ambiente infranerítico; os do Membro Médio, em ambiente batial, sem influência de correntes ou somente correntes de pequena intensidade; os do Membro Superior, em ambiente infranerítico, na fase de regressão.

Seguem-se os trabalhos de Bigarella, Salamuni e Marques Filho (1966) que admitiram o ambiente marinho e Lange & Petri (1967) informando que esta unidade foi depositada em ambiente calmo e mais distante da costa do que o Furnas, onde correntes sempre estiveram presentes nesta deposição, provadas pelo grande número de organismos transportados que as habitavam.

Gonçalves & Schneider (1968) fizeram referências ao ambiente marinho e a abundante fauna de trilobitas, braquiópodes e quitinozóários que viveram no período devoniano. Schneider *et alii* (1974) relataram que o conteúdo fossilífero indicaria, de maneira inquestionável, condições marinhas de deposição e admitiram que a maior parte da unidade depositou-se em ambiente de águas rasas e parte considerável desta, em ambiente sob influência de marés.

Andrade & Camarço (1980) consideraram no flanco nordeste da bacia a Formação Ponta Grossa dividida em três membros: o Membro Inferior, constituído por conglomerado basal, arenitos, folhelhos e siltitos, foi depositado através de uma transgressão marinha, que ultrapassou os limites da deposição Furnas, durante o Emsiano; o Membro Médio constituído por clásticos grosseiros foi sedimentado progradacionalmente e como o suprimento sedimentar foi maior nesta ocasião que a subsidência, esta deposição teve caráter deltáico, e o Membro Superior, constituído por clásticos finos, teria se depositado no Givetiano, em condições marinhas de águas mais profundas do que os demais membros. Os autores do presente relatório baseados nos diversos trabalhos citados, nas evidências litológicas e fossilíferas, consideram para a área em questão, condições marinhas transgressivas em mar raso, ao longo do flanco noroeste da Bacia do Paraná, representadas pelas maiores abundâncias de arenitos finos e, à medida que se avança para leste, rumo a Folha limítrofe SD. 22 Goiás, um ambiente ainda transgressivo, mas com possibilidades de águas mais profundas.

1.2.2.10 — Formação Jauru

1.2.2.10.1 — Generalidades

As primeiras referências acerca dessa unidade estão contidas vagamente no levantamento fotogeológico e geoquímico, executado pela LASA — Engenharia e Prospecções S.A. (1968a) quando da definição do Grupo Jauru. Tal grupo foi definido como constituído por duas seqüências: uma quartzo-feldspática (fácies nerítica), outra pelítica (fácies batial). Na primeira é que estaria inserida, possivelmente, parte dos componentes desta unidade.

Figueiredo *et alii* (1974), quando da realização do Projeto Alto Guaporé, incluíram as rochas conglomeráticas observadas no extremo leste da Folha SD. 21-Y-C na Formação Puga, no sentido de Maciel (1959). Deram assim uma nova conotação litoestratigráfica à proposição da LASA — Engenharia e Prospecções S.A. (*op. cit.*). Aqueles autores estenderam essa formação por uma faixa alongada, aproximadamente N-S, desde as redondezas do povoado de Figueirópolis, a norte, até o vale do baixo curso do rio Aguapé, a sul, acompanhando em parte o sentido do rio Jauru, pela margem direita.

Olivatti & Ribeiro Filho (1976), posteriormente, ao efetuarem a revisão geral dos mapas geológicos dos Projetos Centro-Oeste de Mato Grosso, Alto Guaporé e Serra Azul, tentaram redefinir as rochas caracterizadas por Figueiredo *et alii* (1974) como Formação Puga, na área da Folha SD. 21-Y-C, devido a sua origem glacial. De-

nominaram os conglomerados, arenitos arcoseanos, siltitos e folhelhos, informalmente da Unidade Jauru, denominação esta proveniente do rio homônimo, situado a leste de sua faixa de ocorrência, embora nesse rio a unidade não tenha sido mapeada até o momento. Admitiram origem glacial devido principalmente às estruturas e características morfológicas dos seixos, e a correlacionaram com uma seqüência que ocorre às proximidades de Pimenta Bueno (Rondônia). A essa seqüência, Pinto Filho *et alii* (1977), quando do mapeamento geológico do Projeto Sudeste de Rondônia, designaram informalmente de Unidade PCII (constituída principalmente de tilitos, diamictitos, varvitos e calcários) e posicionada no Permocarbo-nífero com base em análises palinológicas.

Lima *et alii* (1977), em viagem de integração geológica, proposta pelo Projeto RADAMBRASIL, com técnicos do DNP e CPRM-GO/PVH, a fim de elucidar certas divergências surgidas nos mapeamentos dos Projetos Sudeste de Rondônia (CPRM) e RADAMBRASIL (Folhas SC.20-Z-C e Z-D), teceram os seguintes comentários: "Os depósitos observados na região de Figueirópolis (Projeto Alto Guaporé) são bastante semelhantes aos do sul de Pimenta Bueno, com eles sendo correlacionados".

Leal *et alii* (1978), na Folha SC.20 Porto Velho, mapeada pelo Projeto RADAMBRASIL, redefiniram as unidades PCI e PCII de Pinto Filho *et alii* (1977), englobando-as na conceituação de Formação Pimenta Bueno, posicionada dubiamente no Cambriano.

Oliveira *et alii* (1979), quando da elaboração da Folha SD.21 Cuiabá na Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, inseriram esta unidade de acordo com a proposição de Olivatti & Ribeiro Filho (1976), correlacionando-a temporalmente com a Formação Aquidauana.

Cardoso, Del'Arco e Souza (1980) propuseram a denominação de Formação Jauru aos sedimentos descritos por Olivatti & Ribeiro Filho (1976), baseando-se não só nos caracteres litológicos dessa unidade como também na sua distribuição espacial mapeável até na escala 1:1.000.000, aliados a um posicionamento cronoestratigráfico estabelecido com base em análises palinológicas. Cardoso, Del'Arco e Souza (1980) optaram pela correlação com a Formação Pimenta Bueno de Leal *et alii* (1978), calçados nos trabalhos imediatamente anteriores, e por uma proveniência glacial, devido principalmente aos caracteres morfológicos (facetamento do tipo "ferro de engomar"), e pela diversificação da fração rudácea, tanto modal como composicional.

Neste trabalho, os autores apesar de concordarem com a proposição de Cardoso, Del'Arco e Souza (1980) não admitem, no entanto, a correlação à Formação Pimenta Bueno de Leal *et alii* (1978), principalmente em termos cronológicos, embora litologicamente sejam similares. Esta, conforme caracterizada pelos autores da Folha SC.20 Porto Velho, foi considerada duvidosamente no Cambriano; ao contrário das análises palinológicas citadas por Olivatti & Ribeiro Filho (1976) na então Unidade Jauru e que forneceram esporómorfos do tipo *Cristatisporites* sp., perfeitamente característicos do Eocarbonífero. Consequentemente, prefere-se neste relatório a idade eocarbonífera e correlacioná-la à Formação Aquidauana, por ser mais identificável cronologicamente.

1.2.2.10.2 — Distribuição na área e espessura

A Formação Jauru ocorre na porção SE da Folha SD.21-Y-C através de uma faixa alongada, aproximadamente N-S. Estende-se desde as proximidades do povoado de Figueirópolis, a norte, prolongando-se a sul até além do rio Aguapé, indo próximo ao limite meridional dessa Folha. Neste rio apresenta-se descontinua, em virtude de aflorarem rochas do Complexo Xingu e sedimentos quaternários aluviais.

Esta unidade constitui um relevo plano, suavemente ondulado, com interflúvios tabulares de vertentes suaves. Em imagem de radar reflete uma textura lisa e tonalidade cinza-médio, contrastando com o padrão textural, algo rugoso do Complexo Xingu (Fig. 1.2). A espessura desta unidade na área em apreço não pode ser estabelecida com precisão, pelo fato de encontrar-se bastante arrasada e pela carência de dados estruturais que permitissem calcular a sua possança. Porém, algumas diferenças de cotas altimétricas, tomadas com altímetro de bolso Everest, com relação à unidade que lhe é sotoposta bruscamente, ou seja, o Complexo Xingu, deram poucas dezenas de metros de desnível altimétrico. Não sendo de admirar

que valores da ordem de pelo menos uma centena de metros possam vir a ser estimados, principalmente quando houver um melhor conhecimento acerca de condicionamento estrutural ao qual estaria ligada esta sequência.

1.2.2.10.3 — Posição estratigráfica

A Formação Jauru, de acordo com os dados de campo e o condicionamento assumido no arcabouço geológico da Folha SD.21 Cuiabá, precisamente na Folha SD.21-Y-C, acha-se envolvida quase que literalmente pelos polimetamorfitos do Complexo Xingu, sobre os quais assenta-se provavelmente em discordância litológica (*non-conformity*). Isto deve-se a que os dados de campo não possibilitaram uma caracterização precisa do inter-relacionamento espacial-estrutural entre essas unidades, embora Olivatti & Ribeiro Filho (1976) tenham admitido que os sedimentos desta unidade estariam confinados a um *graben*. Para o sul da faixa de ocorrência sobrepoem-se ainda aos metassedimentos do Grupo Aguapeí (Formação Fortuna), provavelmente em discordância erosiva (*disconformity*), além de estar encoberta pelos sedimentos quaternários da Formação Pantanal e aluviões do rio Aguapeí.

Na coluna cronoestratigráfica da área da Folha SD.21 Cuiabá, esta unidade foi posicionada no Carbonífero, em conformidade com a proposição de Olivatti & Ribeiro Filho (1976). Segundo os mesmos, as análises palinológicas efetuadas em folhelhos componentes desta unidade pelo Lamin — CPRM revelaram uma assembléia de esporomorfos que, correlacionada por eles com o zoneamento palinológico da Bacia do Amazonas de Daemon & Contreiras (1971 *apud* Olivatti & Ribeiro Filho, *op. cit.*), forneceu uma idade neodevoniana e eocarbonífera. Entretanto, como o palinomorfo *Cristatisporites* sp. observado nessa assembléia, somente ocorre no Eocarbonífero daquela bacia, Olivatti & Ribeiro Filho (*op. cit.*) preferiram esta idade para a unidade em epígrafe, pelo fato de ser mais compatível com a datação permocarbonífera para a sequência que ocorre na região de Pimenta Bueno (Rorônia) e muito semelhante a esta. Esta unidade na coluna acima referida foi justaposta temporariamente à Formação Aquidauana. Porém, por falta de dados que levassem a uma correlação litoestratigráfica precisa, deixa-se aqui em aberto tal correspondência, que poderá vir a ser comprovada ou modificada em trabalhos posteriores.

1.2.2.10.4 — Litologias e estruturas

A Formação Jauru, conforme observada em campo, constitui-se por um pacote sedimentar subhorizontalizado, composto principalmente por paraconglomerados petromíticos, siltitos arenosos e folhelhos. O inter-relacionamento estratigráfico destes litótipos não foi possível ser caracterizado com os dados de campo disponíveis. Olivatti & Ribeiro Filho (1976) afirmaram que os arenitos arcoseanos, siltitos e folhelhos por eles descritos apresentam-se interestratificados, com alguma ritmicidade, passando lateralmente para o topo a diamictitos.

Tomando-se como base o desnível altimétrico verificou-se que os sedimentos pelíticos encontram-se localmente em cotas inferiores em relação aos paraconglomerados. Isto pode ser observado entre os afloramentos de siltitos arenosos, no vale do rio Brigadeiro, junto à ponte da rodovia estadual MT-248, trecho Figueirópolis—Indiavaí, e a exposição de paraconglomerados localizados no leito e margens da estrada que demanda a sul de Figueirópolis em direção a MT-388, a 6,6 km desse povoado. Porém, como os afloramentos desta unidade são tanto escassos como esparsos, além da carência de estruturas sedimentares (principalmente acamamento), julgou-se ser impraticável estabelecer um posicionamento estratigráfico entre os litótipos, pelo menos até o momento.

Paraconglomerados — Dentre os afloramentos observados os destes litótipos predominaram nas estações geológicas descritas nesta formação. Macroscopicamente, são rochas petromíticas, maciças, parcialmente laterizadas, de cores marrom-arroxeadas e cinza-esverdeado, conferidas pela matriz. Esta perfaz mais de 70% da rocha e apresenta uma granulação variando de areia fina, silte/argila, normalmente de composição siltico-argilosa, contendo impregnação de óxido de ferro e disseminação de pequenos grânulos de feldspato. A fração rudácea constitui-se por grânulos, seixos, calhaus e matacões (de até 50 cm de tamanho), imersos caótica-

mente na matriz, tendo formas ovóides, poligonais e achatadas; algumas destas mostrando arestas facetadas, polidas e pentagonais, assumindo aspecto de "ferro de engomar", ocasionalmente estriados, denunciando provavelmente arrasto durante o seu transporte. Estes clastos consistem de quartzos, quartzitos (meta), arenitos arcoseanos, biotita-gnaisses, rochas ácidas (principalmente granitos) e rochas básicas. Composicionalmente predominam entre os fragmentos menores, quartzos, quartzitos e (meta) arenitos arcoseanos, enquanto os biotita-gnaisses e granitos destacam-se entre os maiores.

Estes paraconglomerados (Est. 1.XI B), conforme se pode observar, despontam sob a forma de pequenos lajedos, envolvidos pelo manto de intemperismo, ou em alguns cortes provocados por erosão. De um modo geral não chegam a formar expressões em relação à topografia quase plana da unidade. Entre as exposições mapeadas, destaca-se a que ocorre a 6,6 km a sul de Figueirópolis, no leito da estrada que interliga este povoado à MT-388 (antiga MT-127), pelo fato de certos fragmentos da fração rudácea mostrarem formato perfeitamente semelhante a "ferro de engomar". Também a sul da faixa de distribuição desta formação, particularmente no leito da rodovia estadual MT-265 (antiga MT-130) e nas barrancas de um pequeno córrego, de curso de água temporário, formador do ribeirão Corixo Grande. Nessa rodovia, a rocha mostra, além das características inerentes descritas anteriormente, um fraturamento intenso, principalmente nos sistemas $N30^{\circ}O/90^{\circ}$, $N80^{\circ}O/90^{\circ}$ e $N50^{\circ}E/90^{\circ}$, conferindo à mesma um aspecto cisalhado. No afloramento situado na barranca do córrego acima é onde se pode constatar a melhor exposição dos paraconglomerados, e também com relação à preservação parcial dos efeitos intemperísticos. Além de ser um dos raros locais, onde se pode perceber os paraconglomerados subhorizontalizados ($N30^{\circ}E/15^{\circ}SE$).

Folhelhos — Apesar dos pouquíssimos afloramentos constatados durante os trabalhos de campo, estas rochas predominaram em relação aos siltitos arenosos desta formação. Macroscopicamente apresentam finíssimos níveis alterados e contínuos, de cores marrom-chocolate e esverdeada, denotando uma laminação plano-paralela, além de mostrarem-se compactos e extremamente físeis. Afra os componentes principais argilo-siltosos, estes litótipos contêm disseminações de minerais micáceos nos planos de estratificação, segundo os quais a rocha fragmenta-se em plaquetas tabulares. Há também um outro plano de partição, seguindo fraturas subortogonais, cujas principais direções são $N15^{\circ}E$, $N50^{\circ}E$ e $N70^{\circ}O$, segundo as quais os folhelhos mostram-se quebradiços.

Os únicos afloramentos foram observados no corte e leito da rodovia estadual MT-248, a 1,6 km a leste de Figueirópolis, e na barranca do rio Brigadeiro, a poucos metros da ponte dessa rodovia, em direção a sua montante. Aí afloram sob a forma de lajedos. Na primeira exposição pode-se mensurar a estratificação laminada, plano-paralela, apesar de subhorizontalizada ($N15^{\circ}O/10^{\circ}NE$).

Siltitos — Foram observados em apenas uma estação geológica, localizada a 1,8 km a sul de Figueirópolis, no leito e margem da estrada que interliga este povoado à MT-388 (antiga MT-127). Macroscopicamente são de cores marrom-claras e quando mais intemperizados mostram-se róseos, com aspecto macio e extremamente quebradiços. Em superfície, caracterizam-se por apresentar esfoliação esferoidal, de aspecto concêntrico, segundo a qual desagregam-se. Além dos componentes principais silto-arenosos contêm minerais micáceos dispersamente.

1.2.2.10.5 — Origem e ambiente de sedimentação

São ainda bastante controversas as hipóteses acerca da origem deste tipo de depósitos que caracteriza a Formação Jauru. Assim far-se-ão principalmente algumas apreciações analisando-se não só em termos hipotéticos como também comparativos com outras áreas onde afloram rochas similares, objetivando chegar-se a uma conceituação mais condizente aos dados coligidos sobre a unidade em pauta. Deve-se ressaltar no entanto que, devido à polêmica que persiste nos trabalhos técnico-científicos em relação a conglomerados petromíticos, preferiu-se neste relatório tratar estes litótipos como paraconglomerados, não tendo assim qualquer implicação genética e sim só em termos da relação matriz/fração rudácea.

Analisando-se os trabalhos de Pinto Filho *et alii* (1977) e Leal *et alii* (1978), com relação às rochas que ocorrem na região de Pimenta Bueno, verifica-se um antagonismo acerca da origem daquelas rochas, em vista de aí ocorrerem paraconglomerados que muito se assemelham aos que integram a Formação Jauru. No Projeto Sudeste de Rondônia, Pinto Filho *et alii* (*op. cit.*), com base na má seleção, ausência de estratificação, certos clastos facetados (tipo "ferro de engomar") e estriados, atribuíram uma proveniência glacial. Em contrapartida, Leal *et alii* (*op. cit.*), estudando as mesmas rochas, alegaram que os critérios acima não são diagnósticos absolutos de sedimentação glacial. Assim, segundo estes relatores, a má seleção e estrias são capazes de ser produzidas por falhamentos, fluxos de lama (*mud flows*), deslizamentos de terra (*landslides*), *scree* e solifluxão, apesar de terem enviado amostras de clastos ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo e submetidas a análise pelo Dr. A.C. Rocha Campos, que assim se reporta sobre um dos seixos: "...exibe estrias bem nitidas, do tipo subparalelo e em grade, em duas faces aplainadas, que são extremamente sugestivas de abrasão glacial". Sobre os indícios produzidos pelos fenômenos geológicos argumentados por Leal *et alii* (*op. cit.*), Pettijohn (1970) comenta: Estes materiais... são locais e restringidos e seus depósitos não apresentam os seixos de características facetadas e estriadas, e o que é mais importante, não estão associados a argilitos laminados (varvitos?) com seixos pingados.

Extrapolando as hipóteses acima mencionadas para a ambiência da Formação Jauru poder-se-á chegar também a um paralelismo de opiniões, mesmo talvez após um estudo mais aguçado de seus litótipos. Analisaram-se certas características inerentes aos paraconglomerados desta unidade, como:

- a enorme variação da fração rudácea, tanto modal como composicional;
- o caráter siltico-argiloso e a coloração da matriz;
- a presença de superfícies polidas e achatadas de certos clastos, assumindo aspecto de "ferro de engomar";
- a falta de estratificação, de um modo geral; e
- a associação com sedimentos pelíticos (folhelhos e siltitos).

Deste modo, com base nestas particularidades, chega-se a supor pelo menos uma provável contribuição glacial à Formação Jauru, a qual foi depositada em ambiente continental.

1.2.2.11 — Formação Aquidauana

1.2.2.11.1 — Generalidades

A primeira referência aos arenitos da Formação Aquidauana foi feita por Derby (1895) que os correlacionou com a Sequência Gondwânica do leste da Bacia do Paraná.

Lisboa (1909) introduziu o termo Arenito Aquidauana, para um conjunto de sedimentos vermelhos que a Estrada de Ferro Noroeste do Brasil atravessava, ao penetrar no vale do rio Aquidauana, no sul do atual Estado do Mato Grosso do Sul. Considerou-os como fazendo parte de sua Série Maracaju, que correlacionou com a Série São Bento.

Já Oliveira (1916 *apud* Corrêa *et alii*, 1976), ao estudar os sedimentos carboníferos, no Estado de São Paulo, notou a sua semelhança com os que Lisboa (1909) denominara Aquidauana, propondo a denominação Série Aquidauana, utilizada pela primeira vez para nomear os sedimentos que sofreram influência glacial, na base do rio Itararé.

Milward (1935 *apud* Almeida, 1954), conhecedor dos Arenitos Aquidauana em sua região típica, percorrendo o sul de Goiás, denominou Arenito das Torres aos sedimentos vermelhos do Planalto de Caiapônia, na Bacia do Rio Branco, correlacionando-os com o Arenito Aquidauana.

Paiva & Leinz (1939 *apud* Beurlen, 1956) descreveram principalmente os perfis da E.F. Noroeste do Brasil e da rodovia Aquidauana—Bela Vista, observando, muitas vezes, arenitos argilosos e arenitos conglomeráticos nas seções inferiores da sequência. Julgaram-na como uma única formação, denominando-a "Arenito de Maracaju", correlacionando-a com o Arenito Botucatu.

Oliveira & Leonardos (1943 *apud* Fiori, 1977) também concordaram com Lisboa (1909) e colocaram a sequência de arenitos da região de Aquidauana na Série Maracaju, equivalente à da Série São Bento.

Almeida (1945) propôs a denominação Série Bela Vista para um conjunto de sedimentos vermelhos, com 200 m de espessura, incluindo arenitos, siltitos e folhelhos de origem fluvioglacial e um nível típico de tilito.

Almeida (1946) observou pela primeira vez, no divisor dos rios Poruba e Água Emendada, no alto São Lourenço, a ocorrência de típicos seixos facetados e estriados pelo trabalho glacial, inclusive no Arenito Aquidauana.

Caster (1947) escreveu que os arenitos vermelhos das Torres, do *Plateau* de Bonito (Caiapônia), ocupavam posição estratigráfica semelhante àquelas das séries Itararé—Tubarão, do sul do Brasil. A identidade Torres—Aquidauana foi estabelecida, sugerindo assim uma contemporaneidade com as camadas glaciais do rio Apa, descritas anteriormente como parte do Arenito Aquidauana.

Almeida (1948a) referiu-se aos Arenitos Aquidauana como os principais responsáveis pelos relevos de *cuesta* que caracterizam o "Planalto dos Alcantilados" na porção noroeste da Bacia Sedimentar do Paraná. No mesmo ano Almeida (1948b) confirmou a correlação dos Arenitos Aquidauana e das Torres e estabeleceu-lhes a posição estratigráfica pós-depósitos glaciais da Série Itararé—Tubarão e pré-Irati, considerando-os provisoriamente de idade eopermiana. Desta forma excluiu os Arenitos Aquidauana da Série de São Bento, onde até então estavam sendo colocados. Além disso admitiu "identidade faciológica e mesmo litológica entre os Arenitos Aquidauana e o Grupo Mandyuti, do sistema orográfico subandino", para o qual havia sido atribuída origem continental em clima possivelmente árido, quente. Posteriormente Almeida (1954) reconheceu ser a "Série Bela Vista", por ele definida em 1945, parte da porção inferior da Série Aquidauana, a qual admitiu como "uma continuação dos episódios ligados à glaciação permocarbonífera da Série Tubarão". Neste trabalho foi mencionada a sugestão do Prof. Octavio Barbosa de se distinguir uma formação inferior na Série Aquidauana, conservando a denominação Bela Vista, e para o restante da sequência atribuir-se a denominação Formação Camisão, "nome tomado das ocorrências da série ao longo da Estrada de Ferro Noroeste do Brasil, na área-tipo de Arrojado Lisboa".

Almeida (1954) descreveu a ocorrência de leitos silicificados na parte superior da Série Aquidauana, na zona das cidades de Guiratinga e Poxoréo (serra da Saudade e serra da Boa Vista). Estas ocorrências referiam-se, conforme observou, a leitos calcários, em parte oolíticos, silicificados, que continham conchas de lamelibrânquios, e apresentavam estratificação paralela. Provou ainda, à luz das novas evidências litológicas, não ser a sua Série Bela Vista mais que um conjunto glacial e fluvioglacial da parte inferior da Série Aquidauana, sendo esta então uma continuação dos episódios ligados à glaciação permocarbonífera da Série Tubarão.

Beurlen (1956) efetuou novas pesquisas nos sedimentos Aquidauana, tendo reconhecido e mapeado três horizontes que ele próprio denominou de Tilito Aquidauana. Leve-se em conta que Farjallat (1970), ao estudar a origem deste tilito, passou a considerá-lo como diamictito e não tilito verdadeiro.

Beurlen (1959) manteve a categoria de Série Aquidauana estabelecendo correlação entre a Formação Aquidauana e o Grupo Itararé do Pensilvaniano Superior, da Sequência Gondwânica, do chamado Sistema Santa Catarina.

Para Petri & Fúlfaro (1966), a existência de conglomerados polimíticos na Formação Aquidauana em Goiás e a leste do ex-Estado de Mato Grosso, com seixos facetados e estriados, poderiam eventualmente corresponder a tilitos.

Gonçalves & Schneider (1968), dentro da referida unidade, constatarem sedimentos essencialmente arenosos, de coloração vermelho-arroxeados, com notável variação faciológica, tanto vertical como lateral. Aceitaram ainda uma correlação com o Grupo Itararé, tido como de idade pensilvaniana inferior. Entretanto, optaram pela nomenclatura de Série Aquidauana. Gonçalves & Schneider (1970), ao integrarem a geologia do centro-leste do ex-Estado de Mato Grosso descreveram esta formação como constituída essencialmente por rochas arenosas, vermelho-arroxeadas, com grandes variações faciológicas. Verificaram que na parte basal predominavam arenitos com estratificações espessas a maciças e subordinadamente diamictitos, siltitos, argilitos e uma fina camada de conglomerado basal. Na porção média ocorriam siltitos, folhelhos e are-

nitos, finamente estratificados, com intercalações de diamictitos. Na parte superior voltariam a predominar os arenitos.

Farjallat (1970) relatou que no sul do ex-Estado de Mato Grosso, a passagem gradual de diamictitos de matriz arenosa para os de matriz silto-argilosa requereria algumas considerações. As intercalações de lentes conglomeráticas, as inclusões de pedaços de sedimentos arrancados aparentemente por processo rigoroso de rochas subjacentes, as gradações intensas dos diamictitos, sugeriram origem por correntes de turbidez. Entretanto, notou ocorrerem dispersos vários megaclastos cujo tamanho ultrapassava a suposta capacidade de transporte dessas correntes.

Schneider *et alii* (1974), além das características litológicas desta unidade, observaram que o contato inferior desta se faz através de discordância angular, assentando sobre a Formação Furnas, Ponta Grossa e sobre o embasamento.

Soares & Landim (1973 *apud* Fiori, 1977) concordaram com Almeida (1956) quanto à correlação das rochas existentes em Águas da Prata, Poços de Caldas e Sul de Minas Gerais com as da Formação Aquidauana em Goiás e Mato Grosso. Consideraram, entretanto, a Formação Aquidauana como fácies da borda do Itararé, com variação de idade idêntica, pois observaram tanto em afloramentos como em análises de perfis de poços da PETROBRÁS a existência de interdigitamento entre estes dois pacotes sedimentares, tanto na base como no topo.

Schobbenhaus Filho *et alii* (1975a) citaram que, apesar da grande espessura da Formação Aquidauana (1.165 m em Jataí, Goiás), não é possível a separação de suas unidades litológicas devido a grande variação faciológica, tanto vertical, como horizontal. Ribeiro Filho *et alii* (1975) estabeleceram o limite norte da ocorrência da unidade nas cabeceiras do rio Culuene, pouco abaixo do paralelo 14° e a sul-sudeste da faixa dobrada do Grupo Paraguai. Relataram ainda que a Formação Aquidauana constitui um relevo de chapadas com escarpas em degraus, incorporando-se à feição geomorfológica denominada Planalto da Chapada. Mantiveram sua correlação com a base da Formação Itararé, do Grupo Tubarão.

Recentemente, Corrêa *et alii* (1976) mostraram ser a Formação Aquidauana constituída por sedimentos detríticos, essencialmente arenosos e de natureza feldspática, de coloração variada, predominando o vermelho-arroxado e vermelho-carne, apresentando grandes variações litológicas, tanto vertical como horizontalmente.

Os autores deste relatório comprovaram estar a Formação Aquidauana constituída por arenitos finos, médios a grosseiros, esbranquiçados, arroxeados ou vermelho-tijolo; lentes conglomeráticas; intercalações de siltitos e argilitos avermelhados e subordinadamente diamictitos. Confirmaram também as distribuições em áreas e relações estratigráficas mencionadas em trabalhos anteriores.

1.2.2.11.2 — Distribuição na área e espessura

As exposições da Formação Aquidauana na Folha SD.21 Cuiabá são bem restritas devido à intensa tectônica que controla seus contatos e ao mascaramento que sofre ao ser encoberta pelas Formações Palermo, Botucatu, Bauru e pela Cobertura Detrito-Laterítica. Sua distribuição geográfica ocorre apenas na Folha SD.21-Z-D, onde está representada em duas regiões. A primeira, situada a leste de Dom Aquino (MT), apresenta-se através de uma faixa estreita e irregular, com largura média de 10 km, direção NO-SE, onde no limite superior acunha-se por motivos tectônicos. A segunda faixa distribui-se a leste de Poxoréu, com direção NE-SO, sendo seu limite superior contido pela falha homônima, localizando-se no canto sudeste da referida Folha, mantendo prolongamento para as Folhas SD.21-X-B e SD.21-Y-C. Mostra-se ainda em forma de manchas restritas, que se condicionam ao limite oriental da Folha SD.21 Cuiabá nas proximidades do rio das Mortes e ao sul do rio Culuene. Suas espessuras na Folha SD.21-Z-D mostram-se bastante variáveis em decorrência da sua deposição sobre paleossuperfícies irregulares.

Schneider *et alii* (1974) mostraram dados de subsuperfícies obtidos pela PETROBRÁS que indicaram uma espessura de 779 m no poço 2-AG-1-MT, Alto Garças (MT). Mühlmann *et alii* (1974) forneceram para a Formação Aquidauana em superfície uma espessura que varia de 200 a 700 m.

Recentemente Santos & Freitas (1979) relataram que a Formação Aquidauana parece não apresentar uniformização em sua espessura. A leste de Dom Aquino conseguiram medir pelo menos 170 m desde o contato inferior com a Formação Ponta Grossa até o superior com a Formação Palermo. Já em Poxoréu mediram cerca de 260 m, podendo no entanto atingir maiores proporções, pois sua base, devido a contato por falha com a Formação Bauru, não é visível. Tais possanças foram confirmadas no presente mapeamento.

As ocorrências mostradas por esta unidade, através dos traços do mapa de Oliva *et alii* (1979), posicionadas nos limites orientais das Folhas SD.21-Z-B e SD.21-Z-D, sofreram reduções significativas no presente mapeamento, sendo que aquela mostrada na calha do rio das Mortes foi interpretada, com menor expressão areal, como exposição da Formação Bauru.

1.2.2.11.3 — Posição estratigráfica

A Formação Aquidauana contata maioritariamente em seus limites inferiores de maneira discordante com a Formação Ponta Grossa, mas constatou-se para a área em estudo grande incidência de contatos falhados, para com os sedimentos devonianos. Localmente, há grande dificuldade em reconhecer o contato com a Formação Ponta Grossa, em vista da natureza argilosa da porção basal da Formação Aquidauana, o que levou no presente trabalho a considerá-lo transicional (?) para aqueles pontos. Os contatos superiores são admitidos como discordantes erosivos ou através de falhas de gravidade com as Formações Palermo, Botucatu e Bauru. É ainda recoberta pela Cobertura Detrito-Laterítica. Gonçalves & Schneider (1970) disseram ser discordante o contato superior com a Formação Palermo. Informaram ainda ser esta discordância no centro-leste do ex-Estado de Mato Grosso angular e marcada pela presença local de conglomerado basal, não existindo tal fato no centro da bacia.

A idade absoluta para esta unidade guarda uma interrogação, visto a ausência de fósseis ou outro dado que, manipulado, possibilita esta avaliação. Sabe-se entretanto que Daemon & Quadros (1969 *apud* Gonçalves & Schneider, 1970), na região a sul de Mure, descreveram a ocorrência de microfósseis de idade stephaniana (Carbonífero Superior). Esses fósseis encontrados em folhelhos e siltitos argilosos, sobrepostos a uma seção de sedimentos vermelhos afossilíferos, com cerca de 500 m de espessura, constituem-se das espécies *Samarisporites*, *Maranhites*, *Calyptosporiporytes*, *Rhabdosporites* e *Tasmanites*.

Daemon & Quadros (1969 *apud* Northfleet, Medeiros & Mühlmann, 1969), através do estudo de diversos esporomorfos, admitiram a idade do pacote sedimentar Itararé—Aquidauana abrangendo do Carbonífero Superior (Stephaniano) ao Permiano Médio (Kunguriano). Consideraram a ocorrência de toda sedimentação Aquidauana inclusa no intervalo bioestratigráfico G (Stephaniano).

A idade permocarbonífera é baseada também no macrofóssil vegetal do gênero *Psaronius* (Permiano), observado no Planalto do Roncador (Schobbenhaus Filho *et alii*, 1975a). Ribeiro Filho *et alii* (1975) separaram a Formação Aquidauana da Unidade Permocarbonífero I e admitiram-na no período carbonífero. Acatando-se as opiniões dos vários autores que estudaram o problema coloca-se a deposição dos sedimentos desta unidade distribuída no intervalo Carbonífero Superior ao Permiano Inferior.

1.2.2.11.4 — Litologias e estruturas

Esta formação morfologicamente é caracterizada por apresentar, através da enorme distribuição de arenitos na área, uma superfície plana, levemente ondulada ou mostrar escarpas abruptas em degraus, que caracteriza e salienta acidentes geográficos como as serras das Parnaibas e do Roncador.

Na imagem de radar, estas rochas mostram uma textura de fácil destaque, provocada pelas rápidas mudanças de fácies da unidade, que se refletem muito na vegetação, relevo e drenagem. A vegetação predominante é do tipo cerrado, desenvolvida em solo arenoso pobre e pouco espesso. Quando da imposição dos arenitos, a drenagem é do tipo arborescente, tendo baixa densidade, constituindo vales pouco profundos e por vezes matas ciliares. Nas partes mais argilosas os vales são mais abertos e a vegetação mais densa. Em regiões afetadas tectonicamente, a drenagem torna-se mais densa, os vales estreitam-se e tornam-se mais profundos consti-

tuindo um relevo acidentado, onde surgem morros testemunhos, com escarpas abruptas, formando por vezes típicos tabuleiros, mesas, colunas, que se destacam na paisagem, salientadas que foram pela intensa erosão diferencial que afetou toda a região. A sedimentação desta unidade é predominantemente arenosa, com cores que vão do vermelho-arroxeadado, na parte inferior da seção a avermelhado para as mais superiores. Seus afloramentos são, via de regra, constituídos por escarpas íngremes, que repousam discordantemente sobre os sedimentos da Formação Ponta Grossa. Em cortes de estradas e nos leitos dos córregos exibem boas exposições, sendo representados por lajeiros, camadas e bancos com extensões consideráveis. Uma característica típica encontrada nesses sedimentos é o desenvolvimento em superfície de lajeados, de dissecações em forma hexagonal que lembra "casco de tartaruga".

Gonçalves & Schneider (1970), ao comentarem sobre a geologia do centro-leste do ex-Estado de Mato Grosso, descreveram esta formação como constituída essencialmente por rochas arenosas, vermelho-arroxeadas, com grandes variações faciológicas. Na parte basal predominam arenitos, com estratificações espessas e maciças e, subordinadamente diamictitos, siltitos, argilitos e uma fina camada de conglomerado basal. Na porção média, ocorrem siltitos, folhelhos e arenitos, finamente estratificados, com intercalações de diamictitos. Na parte superior, tornariam a predominar arenitos.

Ribeiro Filho *et alii* (1975) referiram-se a um pacote sedimentar muito variado, onde predominavam os arenitos. A cor em geral é a vermelha, que é característica da unidade. Seu relevo em degraus provém da intercalação de arenitos finos e grosseiros, conglomerados, siltitos e argilitos. Os arenitos são mal classificados, às vezes feldspáticos, localmente argilosos, granulometria variável, predominando os arenitos finos. Quando intemperizados são muito friáveis, desagregando-se em areia.

Schneider *et alii* (1974) também identificaram nesta unidade sedimentos de cor vermelho-arroxeadado, mostrando grosseiramente três intervalos. O inferior é constituído por arenitos vermelho-arroxeados, médios a grosseiros, estratificação cruzada, acanalada e desenvolvimento subordinado de diamictitos clásticos finos, arenito branco, grosseiro/conglomerático e delgado conglomerado basal. No intervalo médio têm amplo desenvolvimento siltitos finos, vermelho-arroxeados, finamente estratificados e, secundariamente, diamictitos vermelhos e folhelhos cinza e cinza-esverdeado. O intervalo superior apresentava predominância de sedimentos arenosos.

Na Folha SD. 21 Cuiabá observaram-se basicamente três intervalos litológicos que são descritos pela intensa variação faciológica, mas devido à escala de trabalho não são mapeados, pois a mesma dificuldade individualizá-los, além de fatores como falhamentos e processos erosivos, que ocasionam dificuldades em posicioná-los ou identificá-los. O intervalo inferior é constituído por arenitos esbranquiçados, avermelhados, médios a grosseiros, alterados, feldspáticos, níveis conglomeráticos, regularmente classificados, baixa esfericidade, bastante conturbados, localmente bem limonitizados e com desenvolvimento subordinado de diamictitos finos. Localmente ocorre delgado conglomerado basal. No intervalo médio predominam os arenitos finos, siltitos laminados finamente, com cores vermelho-arroxeadas ou vermelho-tijolo, e secundariamente arenitos arcoseanos. Localmente, ocorrem folhelhos cinza a cinza-esverdeado (fossilíferos), segundo Gonçalves & Schneider (1970), e bolsões e lentes conglomeráticas (diamictitos), de cores avermelhadas. Estes diamictitos são constituídos por grãos grosseiros, seixos, blocos e matacões, de forma e composição variadas, angulosos e subarredondados, imersos em matriz siltico-argilosa, às vezes arenosa. Constatam-se nos planos de estratificação concentrações de minerais pesados, em forma de fluxos centimétricos, que indicariam uma possível deposição em fundo de canal. Intercalados nestas litologias desenvolvem-se estruturas de sobrecarga como diápiros e dobras convolutas. No intervalo superior observa-se a predominância dos sedimentos arenosos com cores vermelho-arroxeadas, granulção fina e melhor seleção. A estrutura sedimentar marcante é a estratificação plano-paralela, evidenciada pela alternância de camadas delgadas de siltitos com níveis mais grosseiros. Para o topo é comum a presença de um banco de arenitos/siltitos com cores vermelho-tijolo, espessura ao redor de 20 m, regularmente classifi-

cados, finamente laminados, pintalgados de branco, com lentes conglomeráticas e níveis de pelitos. Os arenitos que constituem este banco são quartzosos em sua maioria, pouco argilosos, friáveis, aspecto maciço, localmente com grau de litificação razoável, raras plaquetas de mica, sendo constituídos por grãos de quartzo angulosos a subangulosos e raros seixos de quartzo e arenitos dispersos caoticamente em sua matriz. Nos níveis mais superiores estes arenitos mostram uma seleção granulométrica melhor, onde os grãos de quartzo variam de subangulares a arredondados e evidenciam até partículas bem arredondadas. Nota-se também uma mudança na coloração, como também na dimensão dos componentes granulométricos. A partir da parte média deste intervalo são comuns intercalações pelíticas, com espessuras de 1 a 3 m, finamente laminadas, representadas por folhelhos/siltitos arroxeados ou amarronzados. Nas vizinhanças de Poxoréu são encontrados calcários silicificados e níveis de sílex no topo da formação, já mencionados por Almeida (1954).

Santos & Freitas (1979) relataram que as intercalações de pelitos apresentam espessuras variadas, porém não excedendo 3 a 4 m. Ocorrem argilitos arroxeados, marrom-avermelhados ou rosa-avermelhados, às vezes com manchas esverdeadas. Geralmente são quebradiços e intensamente fraturados. Nos planos de fraturas aparecem impregnações de material escuro à semelhança de óxido de manganês.

Com relação aos diamictitos pode-se notar que os mesmos ocorrem nos mais diversos níveis da unidade, porém guardam certa preferência pelo terço médio a superior da mesma. Em locais restritos podem ser notados diamictitos, muito finos, com cores caracteristicamente arroxeadas, onde em sua massa se destacam seixos de quartzo e de siltitos/arenitos finos, bem retrabalhados, com aspecto que lembra verdadeiros lamitos conglomeráticos. Tais sedimentos refletem possivelmente contribuições glaciais.

As estruturas sedimentares mais visualizadas na área são as estratificações acanaladas de médio a grande porte, seguindo-se plano-paralelas e cruzadas tabulares, estruturas de sobrecarga e dobras convolutas. Os argilitos amarronzados, relacionados ao topo da formação, quando alterados, tornam-se quebradiços, evidenciando uma típica fratura conchoidal. A literatura comenta que nas porções médias esta litologia chega a mostrar aspecto vávrico.

1.2.2.11.5 — Origem e ambiente de sedimentação

O ambiente de deposição da Formação Aquidauana é um assunto que precisa ser estudado com mais detalhe. As inúmeras opiniões existentes parecem convergir para uma origem fluvial e lacustre com influências glaciais locais, porém os dados reunidos são sempre temporários, faltando argumentos mais concretos que possibilitem uma conceituação mais adequada.

Almeida (1954) considerou como mais provável que grande parte da formação seja de origem pró-glacial, onde os sedimentos foram depositados além dos limites da geleira continental em recuo, nos canais fluviais anastomosados, planícies aluviais encharcadas e lagos. Almeida (*op. cit.*) observou que a existência de camadas de calcário silicificado, restritas à parte superior da formação, parece indicar clima quente, bem diverso daquele que reinava quando se depositaram os drifts e tilitos da parte inferior.

Gonçalves & Schneider (1968) mencionaram que no centro-leste de Mato Grosso localmente os gelos exerceram influência maior, pois ali foi que constataram rochas semelhantes a tilitos, enquanto na parte leste da Baía do Paraná a variação heterogênea de sedimentos sugere ambientes variados, com as geleiras desempenhando importante papel. Posteriormente, Gonçalves & Schneider (1970) relataram que os sedimentos vermelhos são resultado de uma deposição em ambiente continental (fluvial, lacustre e de planícies aluviais).

Vieira (1968), baseado na continuidade das camadas, na presença de fósseis marinhos nos arenitos da parte inferior, em argilitos basais com grãos de areia e bolsões de diamictitos, nas superfícies de corte e preenchimento muito perturbadas localmente, intercaladas com clásticos grosseiros (diamictitos, arenitos conglomeráticos) e finos (siltitos, argilitos e arenitos finos), postulou uma origem predominantemente marinha, onde a presença próxima a geleiras traria uma contribuição clástica, e ao mesmo tempo provocaria o

surgimento de fatores erosivos e deposicionais tais como correntes de turbidez, em meio subaquático. O mesmo autor analisou estes parâmetros, acima mencionados, na região ao sul de Iporá (Folha SE.22 Goiânia) ao estudar os sedimentos Aquidauana, ali por ele referidos como Grupo Itararé.

Farjallat (1970 *apud* Corrêa *et alii*, 1976) interpretou-a como depósitos subaquosos com importante contribuição do material trabalhado por gelo, em área de subsidência, onde outros mecanismos, além de deposição por geleiras, foram evocados por explicar a formação desses depósitos tão mal selecionados.

Já Schneider *et alii* (1974) relataram que as características litológicas e sedimentares da Formação Aquidauana sugerem que sua deposição ocorreu em ambiente continental, por sistemas fluviais e lacustres associados. A presença subordinada de diamictitos mostraria influência glacial próxima à formação desses depósitos tão mal selecionados.

Recentemente, Ribeiro Filho *et alii* (1975) informaram que esta unidade apresentava características oxidantes, sendo depositada em ambiente periglacial.

Para Fiori (1977) a evolução ambiental desta formação foi caracterizada pela pró-gradação da sedimentação clástica de leques aluviais em lago periglacial. Estes leques aluviais mostravam um deslocamento para o norte, caracterizando movimentação de gelo naquele sentido durante a época de deposição da Formação Aquidauana.

Os autores do presente relatório, fundamentados nas inúmeras opiniões emitidas na literatura geológica, em parte conjugadas com as observações de campo, no tocante aos aspectos litológicos encontrados, acatam o ambiente continental, onde os sistemas fluviais e lacustrinos seriam os responsáveis maiormente pela sedimentação conturbada deste pacote sedimentar. A deposição intercalada de clásticos grosseiros (diamictitos, arenitos grosseiros a conglomeráticos) e finos (siltitos, argilitos e arenitos finos) poderia ser desenvolvida pela atuação de possantes, mas confinados cones de dejeção. As contribuições glaciais, embora de influências locais, são marcadas pela presença de diamictitos ou lamitos conglomeráticos.

1.2.2.12 - Formação Palermo

1.2.2.12.1 - Generalidades

O nome Palermo foi empregado pela primeira vez, por White (1908), que o retirou da vila homônima do município de Lauro Müller (SC). A formação foi incluída, por este autor, na sua Série Tubarão, sendo descrita como *Schistos* de Palermo ou Camadas Palermo, sobreposta à Formação Rio Bonito no sudeste do Estado de Santa Catarina.

Washburne (1930 *apud* Mühlmann *et alii*, 1974), no Estado de São Paulo, designou de Formação Tatui ao pacote sedimentar constituído pelo atual Membro Paraguaçu (Formação Rio Bonito) e a Formação Palermo.

Maack (1947) designou a unidade em questão de "Formação Post Glacial ou Camadas Palermo", assinalando que a mesma não tinha qualquer relação com a glaciação Gondwânica, incluindo-a no Grupo Guatá da "Série Tubarão".

Almeida (1954) observou camadas de sílex, na serra da Saudade, nos arredores de Poxoréo, com 3 m de espessura, com cores cinza-claro a brancas, estratificado plano-paralelamente, repousando sobre arenito vermelho com estratificação cruzada, com conglomerado local e sustentando relevo tabular. O mesmo autor atribuiu estas exposições ao topo da Formação Aquidauana.

Oliveira (1954b) empregou o nome Palermo para designar as camadas intensamente silicificadas que se sobrepunham às rochas da Sequência Itararé. Para esse autor a formação consistia de intercalações de siltitos arenosos, arenitos finos, e raramente níveis de folhelhos, com cores róseas ou arroxeadas, e intensamente silicificadas.

Oliveira & Mühlmann (1965) informaram que sua área mapeada não foi adequada ao estudo das rochas do Grupo Estrada Nova e da Formação Palermo, visto suas intensas alterações pela silicificação que chegaram a atingir os termos superiores da Série Aquidauana, além das reduzidas espessuras motivadas pela erosão pré-

Botucatu. Englobaram as duas unidades para efeito de mapeamento, onde seus sedimentos incluíam leitos de sílex, por vezes oolíticos, folhelhos cinza, arenitos silticos, branco-esverdeados, arroxeados ou amarelados.

Petri & Fulfaro (1966 *apud* Schneider *et alii*, 1974) constataram nesta unidade lamelibrânquios *Guiratinga mendesi*, nas proximidades de Guiratinga, Mato Grosso. Neste mesmo trabalho foram observadas também coquinas silicificadas, onde encontraram grande quantidade de conchas de lamelibrânquios mal preservados.

Vieira (1968) caracterizou a unidade na porção nordeste da Bacia do Paraná, através de uma fina camada de arenito silicificado, sobre o qual há camadas de sílex de variadas cores, com predominância de violeta, resultantes da intensa silicificação sobre sedimentos originalmente siltico-argilosos.

Gonçalves & Schneider (1968) chamaram sob a denominação de Palermo - Estrada Nova rochas que supuseram corresponder aos estratos permianos da Formação Palermo e Grupo Estrada Nova. Admitiram como característica marcante uma intensa silicificação que destruiu as características primárias das rochas, com exceções localizadas. Northfleet, Medeiros e Mühlmann (1969) caracterizam a Formação Palermo por um pacote de siltito arenoso cinza-amarelado e esverdeado, localmente com arenito fino a médio, próximo à base. A estrutura mosqueada produzida pela ação de organismos escavonados é uma característica desta formação. Gonçalves & Schneider (1970) argumentaram estar a ocorrência de microfósseis na unidade em pauta comprometida pela intensa silicificação epigenética que atingiu os sedimentos desta formação, ocorrendo com relativa abundância coquinas silicificadas, com grande concentração de conchas (lamelibrânquios mal preservados).

Para Mühlmann *et alii* (1974), esta unidade situa-se concordantemente sobre a Formação Rio Bonito e se constitui de siltitos arenosos cinza em subsuperfície e esverdeados em superfície. Costa *et alii* (1975) coletaram fósseis que foram datados como Permocarbo-níferos (*Psaronius* sp.) e correlacionaram estas rochas com o Grupo Tubarão, denominando-as informalmente de Unidade Permocarbo-nífera I (PCI). A unidade em estudo integra no sul da Bacia do Paraná o grupo acima mencionado. Oliva *et alii* (1979) registraram ocorrências destes litótipos na região da serra das Parnaibas a oeste de Poxoréo.

Na opinião dos autores deste relatório, a Formação Palermo é constituída por arenitos cinza a arroxeados, finos a muito finos, siltitos amarelados e avermelhados, finamente estratificados, arenosos, muito silicificados, com inúmeras intercalações de sílex esbranquiçado, oolítico e/ou pisolítico, com laminação ondulada suavemente e presença de coquinas silicificadas.

1.2.2.12.2 - Distribuição na área e espessura

A Formação Palermo constitui-se na unidade de menor expressão areal, para a Folha em questão. Na área trabalhada suas exposições são caracterizadas por vários níveis silicificados que podem ser constatados na Folha SD.21-Z-D, sendo necessário, em locais restritos, um exagero na escala gráfica para sua representação em mapa. Sua distribuição geográfica é confinada a uma faixa de direção NO-SE, na porção centro-sul do mosaico SD.21-Z-D, com largura média de 2 km, sob forma de franjas irregulares e sinuosas, que orlam o topo da serra das Parnaibas, sendo localmente controladas por falhamentos de gravidade. Nos trabalhos de campo, desenvolvidos na região, constata-se uma espessura máxima de 40 m destes sedimentos, na serra acima mencionada.

Gonçalves & Schneider (1970) relataram que no centro-leste de Mato Grosso, a Formação Palermo apresentava uma espessura da ordem de 15 m, que se mantinha constante em toda a região estudada.

Já para Schneider *et alii* (1974), esta unidade apresentaria uma ocorrência generalizada em toda a Bacia do Paraná. Em Santa Catarina e Paraná a unidade mostrava espessuras da ordem de 90 m; em São Paulo, Goiás e Mato Grosso a mesma não excedia 50 m, sendo que no Rio Grande do Sul atingia uma espessura da ordem de 150 m. Informaram ainda que, em subsuperfície, sua maior espessura constatada foi de 282 m no poço 2-AL-1-RS (Alegrete, RS).

1.2.2.12.3 — Posição estratigráfica

Na área estudada o contato inferior da Formação Palermo com a Formação Aquidauana se faz através de discordância erosiva por falhas de gravidade. Porém Gonçalves & Schneider (1970) relataram que este contato além de discordante, para o centro-leste de Mato Grosso, é angular e marcado pela presença local de conglomerado basal, fato que não existe no centro da bacia. Não se observa esta particularidade de contato angular nas áreas percorridas. Superiormente, o contato com a Formação Botucatu se faz discordante e erosivo.

Northfleet, Medeiros e Mühlmann (1969) consideraram seus contatos no flanco leste da bacia, tanto no topo como para base, concordantes. O contato superior seria colocado na passagem dos siltitos cinza-esverdeado para os folhelhos e argilitos pretos da Formação Itati.

Mühlmann *et alii* (1974) e Schneider *et alii* (1974) disseram ser discordante o contato com a Formação Aquidauana em Mato Grosso e Goiás, enquanto que o superior seria concordante com a Formação Itati, exceção feita ao Estado de São Paulo, onde diversos autores o descreveram como discordante.

Segundo Schneider *et alii* (1974), no sul da bacia, esta formação frequentemente assinala a presença de troncos silicificados de *Dadoxylon* sp. Já para a região norte a intensa silicificação epigenética que atingiu suas rochas mascara e prejudica a identificação de seus microfósseis.

Petri & Fulfaro (1966, *apud* Mühlmann *et alii*, 1974) referiram-se a lamelibrânquios *Guiratinga mendesi* encontrados em estratos da Formação Palermo em Mato Grosso. Daemon & Quadros (1969 *apud* Mühlmann *et alii*, 1974), baseados na microflora rica em esporos dissecados que surgem juntamente com os siltitos desta formação, identificaram o espectro palinológico do subintervalo bioestratigráfico I₁, em grande parte da bacia. Na parte mais central da mesma, onde a unidade se espessa, a palinologia indicou os intervalos J e K, possibilitando situá-la no Permiano Médio a Superior (Kunguriano e Kazaniano).

Gonçalves & Schneider (1970) notificaram para esta unidade a ocorrência com relativa abundância de coquinas silicificadas, com grande concentração de conchas (lamelibrânquios mal preservados).

Os autores deste relatório respaldados nas observações acima aludidas colocam esta formação, se correlacionável com aquela de mesma terminologia, no sul da bacia, como depositada do Kunguriano (Permiano Médio) ao Kazaniano (Permiano Superior). Esta correlação necessita ser melhor estudada, em função das dúvidas acerca dos critérios utilizados para comparação, sejam estratigráficos ou litológicos.

Vieira (1968) admitiu a correlação estratigráfica, porém questionou a litológica, uma vez que as litologias da região diferem das existentes no sul da bacia. Esta diferença suscita de imediato duas questões: seriam os litótipos da área uma "fácies" setentrional da Formação Palermo ou por suas características representariam uma outra formação (?). Os critérios estratigráficos podem ser aceitos com restrições, uma vez que entre a Formação Aquidauana (correspondente cronoestratigraficamente à Formação Campo do Tenente, no sul da bacia, segundo Schneider *et alii*, 1974) e a Formação Botucatu existem várias unidades litoestratigráficas.

No caso de uma proposição, o que seria um dos resultados positivos deste mapeamento, haveria necessidade de estabelecer uma seção-tipo. Porém, diante da exiguidade de tempo, caráter e escala de mapeamento, tal incumbência não foi possível concretizar. Apesar de baseados apenas no suporte litológico, sem o embasamento regional que seria fornecido por faixas aflorantes mais a leste da área, os autores deste relatório desejam aqui transcrever suas dúvidas e opiniões, levantando um problema que necessita uma melhor investigação, seja através de um mapeamento em escala mais adequada ou por meio de um trabalho específico, que visem a determinar com precisão a correlação mencionada.

1.2.2.12.4 — Litologias e estruturas

A Formação Palermo, em seu recobrimento restrito na Folha SD.21 Cuiabá, apresenta pequenas escarpas verticais que se refletem muito bem na imagem de radar elaborando e delimitando as mesmas

uma morfologia tabuliforme, em cuja superfície desenvolve-se uma drenagem de baixa densidade, vertentes rasas, vegetação tipo cerrado ralo, onde seu relevo exibe quebras negativas que na base indicam contato com a Formação Aquidauana. Os afloramentos são escassos na região estudada e em cortes de estrada apresentam-se em forma de bancos e camadas com extensões laterais restritas. Mostram-se formando verdadeiras "carapaças" silicificadas, finamente estratificadas, que sustentam o topo das elevações (Est. 1.XII A).

Na borda noroeste da bacia, Gonçalves & Schneider (1968) agruparam sob a denominação Palermo—Estrada Nova rochas que supunham serem correspondentes aos estratos permianos da Formação Palermo e Grupo Estrada Nova no leste da Bacia do Paraná. Caracterizaram estas litologias por uma intensa silicificação que destruiu em grande parte suas propriedades primárias. Entretanto, localmente constatarem litótipos isentos daquele fenômeno, constituídos por argilitos cinza-esverdeado, argilitos verdes, com acamamentos incipientes, siltitos cremes, silicificados e finamente laminado, por vezes com níveis centimétricos de folhelhos betuminosos intercalados, sílex esverdeado com fratura irregular a subconchoidal e sílex esbranquiçado, oolítico e/ou pisolítico.

Para o flanco leste da bacia, Northfleet, Medeiros e Mühlmann (1969) consideraram a Formação Palermo constituída por um pacote de siltitos arenosos, cinza-amarelado e esverdeados, localmente com arenito fino a médio próximo ao topo e concreções e nódulos de sílex próximos à base.

Já para a região centro-leste de Mato Grosso, Gonçalves & Schneider (1970) empregaram a terminologia Formação Palermo, considerando este pacote sedimentar constituído da base para o topo de: delgado conglomerado basal (menos 50 cm), raramente presente, avermelhado, com seixos angulares esparsos em matriz arenosa silicificada; siltito vermelho-arroxado, arenoso, finamente estratificado, muito silicificado; sílex esbranquiçado com estratificação ondulada e coquina silicificada, esbranquiçada.

Para Schneider *et alii* (1974), a Formação Palermo seria constituída de siltitos e siltitos arenosos de cores cinza e, por alteração amarela, esverdeada. Localmente desenvolveriam arenitos finos no Paraná e mesmo conglomerado em São Paulo. Informaram também que estes sedimentos, encontram-se bioturbados, resultando na quase completa destruição de suas estruturas sedimentares. Quando preservados, caracterizam-se laminações cruzadas de pequeno porte. Na área em questão, os autores deste relatório consideram esta unidade constituída na base por um delgado e raro conglomerado basal, com seixos esparsos numa matriz arenosa silicificada, alterado, com espessuras inferiores a 0,40 m, passando nas porções medianas a intercalações entre siltitos róseos e esbranquiçados, silicificados, com espessuras que oscilam entre 0,10 m a 0,20 m, arenitos finos, róseos, friáveis quando não silicificados, aspecto macio e níveis de sílexitos brancos. Na parte mais superior constatarem-se bancos de sílexitos esbranquiçados a avermelhados, oolíticos e/ou pisolíticos, intercalados com siltitos e argilitos subordinados, cores avermelhadas, arroxeadas ou claras, silicificados e laminados finamente. Localmente, é possível visualizar-se a presença de coquinas silicificadas. No topo da sequência destes litótipos é comum observar-se uma capa concrecionada com a formação de "bolachas achatadas", cimentadas por sílica, como também intercalações centimétricas de siltitos alterados, laminados, róseos e níveis subordinados de sílexitos.

Os arenitos que constituem este pacote sedimentar são essencialmente quartzosos, finos, friáveis quando não silicificados, bem selecionados, classificação regular, grãos angulares, com pontuações brancas.

Santo & Freitas (1979) descreveram próximo de Poxoréu (MT), na saída para Rondonópolis, um nível oolítico, estratificado e endurecido, intercalado com níveis pelíticos arroxeados, os quais possuem finos leitos brancos a cinza-escuro de material concrecionado, interpretados como Formação Palermo. O local acima descrito mostra ainda, na base do afloramento, uma camada de calcário cinza-escuro, com espessura de 2 m, bastante fossilífero, sobreposto por siltitos/arenitos finos, róseos, alterados e friáveis, muito conturbados devido à proximidade da Falha de Poxoréu. Litótipos estes que também são inseridos na sedimentação Palermo.

As estruturas observadas na área mapeada, via de regra, são as laminações plano-paralelas e, localmente as camadas portam suas ondulações.

1.2.2.12.5 — Origem e ambiente de sedimentação

Devido às suas características litológicas e sedimentares, a maioria dos autores que estudaram a Formação Palermo foi unânime em considerá-la, como depositada em ambiente marinho.

Gonçalves & Schneider (1968) atribuíram-lhe um ambiente de águas rasas, movimentadas em clima quente. Gonçalves & Schneider (1970) consideraram-na como marinha nerítica. Para Northfleet, Medeiros e Mühlmann (1969), as rochas desta formação refletiram o ambiente de grande estabilidade que prevaleceu na bacia a partir do Permiano Médio, representando o máximo da transgressão marinha iniciada ao fim do referido período. Vieira (1968) afirmou ser aceite para a Formação Palermo um ambiente continental subaquoso, de águas rasas, o que foi em parte comprovado pelo achado de troncos de madeiras silicificadas em área próxima a seu mapeamento (região sul-sudoeste de Goiás).

Mühlmann *et alii* (1974) relataram que as características litológicas e sedimentares, relativamente uniformes, e a grande extensão da Formação Palermo, indicaram que, após a deposição da Formação Rio Bonito, toda área atual da bacia foi recoberta por uma transgressão marinha, transformando-se em uma extensa plataforma rasa. Comentaram que a intensa bioturbação, que estes sedimentos revelam, indicariam deposição abaixo do nível de ação das ondas. Localmente houve ações de correntes, que possibilitariam a formação de laminações paralelas associadas com marcas ondulares. Segundo Ghignone (1975), o registro litológico desta unidade revelaria condições de mar aberto, porém extremamente raso e ocupando uma área muito vasta. Para Soares, Landim e Fúlfaro (1978) a Formação Palermo, para as porções mais setentrionais da bacia, desenvolveu-se sob condições de uniformidade e moderada subsidência, em ambiente litorâneo, lagunar e intermare. Admitiram que estes diferentes ambientes de sedimentação para essa área teriam reflexos das atividades do clímax do Arco de Ponta Grossa no Permiano Médio.

Os autores deste relatório, diante das opiniões emitidas, admitem para esta unidade um ambiente de deposição em mares rasos e clima quente, que ocupavam plataformas extensas com influências locais de correntes com certa intensidade. Na região estudada, após sua sedimentação, houve um marcante período de não deposição/erosão, evidenciado pelas intensas atividades epigenéticas que silicificaram de modo significativo seus registros deposicionais.

1.2.2.13 — Grupo São Bento

1.2.2.13.1 — Generalidades

White (1908) foi quem pela primeira vez utilizou o nome São Bento, para assim designar a "série" situada no topo do seu Sistema de Santa Catarina. Essa "série" foi dividida, por esse mesmo autor, a partir da base dessa unidade, em camadas vermelhas do rio do Rasto, Grês São Bento e rochas eruptivas da serra Geral.

Estudando essa "série" do Estado de São Paulo, Washburne (1930 *apud* Mendes & Petri, 1971) distinguiu uma nova unidade, estratigraficamente acima dos derrames basálticos, a qual deu o nome de Arenito Caiuá.

Posteriormente, foi que essa "série" passou a ser considerada como constituída por: Formação Santa Maria, Arenito Botucatu, Formação Serra Geral e Arenito Caiuá (Gordon Júnior, 1947).

Maack (1947) considerou a "Série São Bento" como correspondente às seqüências sedimentares depositadas no Triássico Superior ao Jurássico. Da base para o topo, a "série" foi dividida em: Fácies Pirambóia, Arenito São Bento Inferior ou Botucatu, Lavas da Serra Geral ou Trapp do Paraná e Arenito Superior ou Caiuá.

Almeida (1948a e b) descreveu ocorrências da "Série São Bento" no Planalto de Rio Verde e na região do Alto Araguaia.

A "Série São Bento" foi registrada na alta bacia do rio Araguaia, Mato Grosso, por Almeida (1954), assinalando que os arenitos da presente série não haviam sido identificados até então em tal região, devido a confusão existente com relação a verdadeira posição

do Arenito das Torres. Informou ainda que, através de uma expedição da DGM/DNPM (Ministério da Agricultura) em 1947, já havia sido comprovada a extensão, para essa mesma região, da Série São Bento, representada pelo Arenito Botucatu e intrusões diabásicas. Beurlen (1956) registrou que, para a maioria dos pesquisadores, todo o Complexo Gondwânico do sul do ex-Estado de Mato Grosso correspondia à Série São Bento, sob a designação de Arenito Maracaju. Considerou, por outro lado, como supérfluo este termo, pelo que sugeriu sua eliminação. A Série São Bento do sul do ex-Estado de Mato Grosso foi, também, por ele correlacionada com a seção superior da Série Bento, da margem oriental, da Bacia do Paraná.

Gonçalves & Schneider (1968), em sua coluna estratigráfica, designaram de Série São Bento aos arenitos eólicos Botucatu, de idade triássica superior, e basaltos da Formação Serra Geral, de idade cretácea. Posteriormente, trabalhos de detalhe levaram Gonçalves & Schneider (1970) a individualizarem na presente região (centro-leste do Estado de Mato Grosso), apenas formações.

Mühlmann *et alii* (1974) consideraram o Grupo São Bento englobando as formações Botucatu, Serra Geral e Caiuá.

Corrêa *et alii* (1976) foram os primeiros a usar o termo Grupo São Bento na área, dividindo este em duas formações: a inferior, correspondente ao arenito eólico infrabasáltico da literatura (Formação Botucatu); a superior, reunindo este mesmo arenito, agora intercalado no basalto e denominado intertrapeano, e os derrames basálticos (Formação Serra Geral).

Luz *et alii* (1978) confirmaram no extremo leste da Província Serrana a existência do Grupo São Bento constituído apenas pela Formação Botucatu.

Os autores do presente relatório aceitam a terminologia Grupo São Bento em face de seu emprego consagrado na literatura geológica, em trabalhos feitos tanto no norte quanto no sul da Bacia do Paraná. Na área mapeada esse grupo está representado pelas Formações Botucatu e Serra Geral. A Formação Botucatu corresponde à parte final da sedimentação Gondwânica que preencheu, nesta área, a referida bacia.

1.2.2.13.2 — Formação Botucatu

1.2.2.13.2.1 — Generalidades

Campos (1889 *apud* Mühlmann *et alii*, 1974) foi quem introduziu pela primeira vez, na literatura geológica, a designação Botucatu. Precisamente chamou de Grês de Botucatu aos arenitos que formam a serra homônima do Estado de São Paulo, descrevendo sua seção-tipo ao longo da ferrovia que liga as cidades de Conchas e Botucatu (SP).

A designação Grês São Bento foi dada por White (1908) ao conjunto sedimentar situado entre as Camadas Rio do Rasto e a Formação Serra Geral. Os geólogos da Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo, em 1929, segundo Soares (1975), já consideravam distintamente, àquela época, a divisão Arenito Botucatu e Arenito Pirambóia, conforme era sugerido pela legenda do mapa geológico do Estado de São Paulo.

Uma das melhores caracterizações dos pacotes Pirambóia-Botucatu foi feita por Washburne (1930 *apud* Soares, 1975), designando-os, em sua monografia sobre petróleo no Estado de São Paulo, de Arenito Botucatu *stricto sensu* ao pacote superior de arenitos eólicos, e de Arenito Pirambóia ao pacote inferior de arenitos fluviais.

Maack (1947) chamou a presente unidade estratigráfica de Arenito São Bento Inferior ou Botucatu, considerando-a como correspondente a depósitos de ambientes desérticos em forma de dunas e escudos arenosos, bem como depósitos fluviais de depressões sem escoamento. A deposição eólica teria também condições de deposição durante o período vulcânico Serra Geral.

Beurlen (1956) registrou que, no sul do ex-Estado de Mato Grosso, o Arenito Botucatu se apresentava sob a forma de ocorrências restritas, pouco espessas intercaladas nos basaltos. Bigarella & Salamuni (1959), estudando os estratos cruzados Botucatu, concluíram que a circulação eólica se fazia de N a NNE em Minas Gerais e São Paulo, inflétindo-se para SO ou O no Paraná. Loczy (1966) observou que o Arenito Botucatu consistia de arenitos eólicos com estratificações cruzadas, freqüentemente contendo intercalações de conglomerados fluviais. Diretamente sobre essa unidade repousa-

We have a [text-only version](#) of this page.

Introduction to Geology | Navigating our Geology Wing

(mya = million years ago)

Phanerozoic Eon (544 mya to present)	Cenozoic Era (65 mya to today)	Quaternary (1.8 mya to today) <u>Holocene</u> (11,000 years to today) <u>Pleistocene</u> (1.8 mya to 11,000 yrs) Tertiary (65 to 1.8 mya) <u>Pliocene</u> (5 to 1.8 mya) <u>Miocene</u> (23 to 5 mya) <u>Oligocene</u> (38 to 23 mya) <u>Eocene</u> (54 to 38 mya) <u>Paleocene</u> (65 to 54 mya)
	Mesozoic Era (245 to 65 mya)	Cretaceous (146 to 65 mya) Jurassic (208 to 146 mya) Triassic (245 to 208 mya)
	Paleozoic Era (544 to 245 mya)	Permian (286 to 245 mya) Carboniferous (360 to 286 mya) <u>Pennsylvanian</u> (325 to 286 mya) <u>Mississippian</u> (360 to 325 mya) Devonian (410 to 360 mya) Silurian (440 to 410 mya) Ordovician (505 to 440 mya) Cambrian (544 to 505 mya) <u>Tommotian</u> (530 to 527 mya)
Precambrian Time (4,500 to 544 mya)	Proterozoic Era (2500 to 544 mya)	Neoproterozoic (900 to 544 mya) <u>Vendian</u> (650 to 544 mya) Mesoproterozoic (1600 to 900 mya) Paleoproterozoic (2500 to 1600 mya)
	Archaean (3800 to 2500 mya)	
	Hadean (4500 to 3800 mya)	



ESTADO DE MATO GROSSO

METAMAT

PODERES PÚBLICOS DO ESTADO DE MATO GROSSO

Presidente:

SIDNEY DURANTE

ENDEREÇO:

Av. Jurumirim, 2970 - Bairro Planalto
Cuiabá - MT
Cep: 78.050-300
Telefone: (65) 653-2276 / 3808
Fax: (65) 653-3200

MISSÃO

A METAMAT - Companhia Matogrossense de Mineração, é uma empresa de economia mista, vinculada a Secretaria de Indústria Comércio e Mineração do Estado de Mato Grosso, tendo sido criada em 1971 num contexto de Estado como agente de desenvolvimento econômico. Como resultado das campanhas de pesquisa a exploração, foram incrementados 37 (trinta e sete) projetos, os quais geraram um total de 10 (dez) jazimentos minerais:

01 (uma) Jazida de Manganês - "Minas do Urucum" - Corumbá-MS.

03 (três) Fontes de Águas Termais - General Carneiro, Juscimeira (Estância Cantagalo) e Santo Antonio do Leverger (Balneário Águas Quentes) - MT

03 (três) Jazidas de Calcário - "Minas do Cocalinho", de Rosário Oeste-MT e Bonito-MS.

02 (duas) Jazidas de Ouro - Beira Alta- Novo Mundo e Fazenda Realeza - Nossa Senhora do Livramento-MT

01 (uma) Mina de Diamante - "Mina de Melgueira" - Alto Paraguai-MT

Contratos de Pesquisa Mineral

01 (um) Projeto de Pesquisa- "Projeto Alta Floresta" - METAMAT/Consórcio Brasil Gold (Empresas Sumitomo Corporation do Brasil S/A, Sumitomo Corporation e Mitsubishi Materials Corporation) - 329.000 ha localizados no Norte do Estado - Recursos Assegurados de R\$ 12.415.000,00.

Convênios de Cooperação Técnica

02 (dois) Projetos de Recuperação Ambiental de Áreas Mineradas - Projeto Tanque dos Padres - METAMAT/CNPq/CETEM - Poconé-MT;

Projeto Poxoréo - METAMAT/DNPM- Poxoréo-MT

02 (dois) Projetos de Diagnóstico Ambiental - Atividades Mineradoras da Bacia do Teles Pires- MT - METAMAT/FEMA e Atividades Mineradoras da Sub-Bacia do Rio Paraguai-MT - METAMAT/FEMA.

Projetos de Fomento e Extensão Mineral 01 (um) Centro de Treinamento e Divulgação Mineral - "Escola de Artesanato Mineral" - METAMAT/Secretaria Geral do MME- Sede da Companhia.

01 (um) Projeto de Ordenamento Territorial Municipal - "Plano Diretor de Poconé" - METAMAT/Prefeitura de Poconé/FEMA -Poconé-MT.

Serviços Prestados a Comunidade

A empresa tem buscado, ao longo dos anos, apesar do seu reduzido quadro técnico e ausência de recursos, levar até as mais diversas regiões do Estado, um trabalho de esclarecimento sobre as oportunidades do setor, através de ações específicas: entre as quais podemos destacar:

- Locação de Aquíferos Cadastramento de Ocorrências Minerais;
- Análise Gratuita de Minerais;
- Visitas Técnica; Ordenamento da Atividade Mineradora;
- Diagnósticos Ambientais

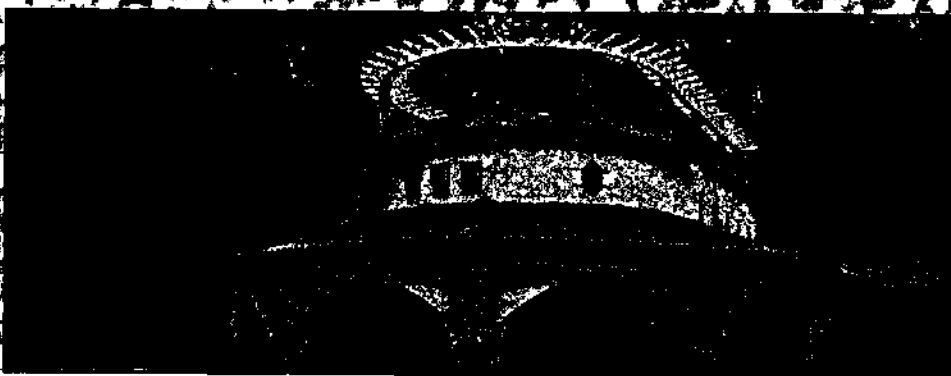


MINAS GERAIS - ENERGIA

(31) 226 6296 / 273 4973 - info@comig.com.br

Projeto Araxá.

Estudo Geoambiental
das Fontes Hidrominerais.



ANTONIO / ID pag 20 Bonnos

GOVERNO FEDERAL

Fernando Henrique Cardoso
Presidente

Rodolpho Tourinho Neto
Ministro de Minas e Energia

Luciano de Freitas Borges
Secretário de Minas e Metalurgia

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Geraldo Gonçalves Soares Quintas
Diretor-Presidente

Paulo Antônio Carneiro Dias
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Thales de Queiroz Sampaio
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

José de Sampaio Portela Nunes
Diretor de Administração e Finanças

Cássio Roberto da Silva
Chefe do Departamento de Gestão Territorial

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

Osvaldo Castanheira
Superintendente Regional

Nelson Baptista de Oliveira Resende Costa
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Fernando Antônio de Oliveira
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Jayme Álvaro de Lima Cabral
Supervisor da Área de GATE

Haroldo Santos Vianna
Chefe do Projeto

*know is - 24
set/2001*

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Itamar Augusto Cautiero Franco
Governador

Newton Cardoso
Vice-Governador

SECRETARIA DE ESTADO DE MINAS E ENERGIA

Paulino Cícero de Vasconcellos
Secretário de Estado

José Fernando Coura
Superintendente de Recursos Minerais

COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS

Henrique Eduardo Ferreira Hargreaves
Diretor-Presidente

Marco Aurélio Martins da Costa Vasconcelos
Diretor de Administração e Finanças

Luís Márcio Ribeiro Vianna
Diretor de Desenvolvimento e Controle de Negócios

Marcelo Arruda Nassif
Coordenador de Apoio Técnico Operacional

Minas Gerais. Secretaria de Estado de Minas e Energia
Estudo Geoambiental do Barreiro; município de Araxá -
MG.

Organizado por Haroldo Santos Viana, Elisabeth
Guelman Davis, Décio A. C. Beato, Jayme A. de L. Ca-
bral. - Belo Horizonte: 1999.

125p.

1. Projeto Araxá - 2. Barreiro de Araxá - 3.
Geoambiental - I - Título. II - VIANA, H.S., org. III - DAVIS,
E.G. IV - BEATO, D.A.C. V - CABRAL, J.A. de L.

Direitos desta edição: COMIG/CPRM.

É permitida a reprodução desta publicação, desde que
mencionada a fonte.

CDU 577-4

EQUIPE TÉCNICA DE ELABORAÇÃO

Caracterização Geológica

Uso e Ocupação do Solo

Geólogo: *Haroldo Santos Viana*

Hidrologia e Qualidade das Águas Superficiais

Engenheira: *Elizabeth Guelman Davis*

Hidrogeologia

Geólogo: *Décio A. C. Beato*

Zoneamento Ecológico-Econômico

Engenheiro/Geólogo: *Jayme Álvaro de Lima Cabral*

EQUIPE DE APOIO

Elizabeth de Almeida Cadete Costa – Diagramação e Arte Final

Maria Madalena Costa Ferreira - Bibliotecária

Rosângela Gonçalves Bastos Souza - Geógrafa

Rosemary Corrêa - Desenho Cartográfico

Terezinha Inácia de Carvalho Pereira - Digitalização

Valdiva de Oliveira - Editoração

Edição original

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

DRI - Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Av. Pasteur, 404 - CEP 22290-240, Urca - Rio de Janeiro, RJ.

PABX: (21) 295-0032 - Fax: (21) 295-6647

GERIDE - Gerência de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Av. Brasil, 1731 - CEP 30140-002, Funcionários - Belo Horizonte, MG.

Telefone: (31) 261-0352 - Fax: (31) 261-5585

Edição final

Editora e Serviços Água Branca

Rua Fluorina, 112 - CEP 30280-340, Pompéia - Belo Horizonte, MG.

Telefone: (31) 481-0828 - Fax: (31) 482-1831

E-mail: eab@encontrar.com.br

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - JUSTIFICATIVAS	3
3 - OBJETIVOS GERAIS	5
4 - SÍNTESE SOCIOECONÔMICA E HISTÓRICO	7
5 - LOCALIZAÇÃO	11
6 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA	13
6.1 - Objetivo específico	13
6.2 - Metodologia	13
6.3 - Geomorfologia	13
6.4 - Geologia regional	14
6.5 - Geologia local	16
6.5.1 - Rochas encaixantes	16
6.5.2 - Rochas intrusivas	18
6.5.3 - Cobertura laterítica	20
7 - USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	25
7.1 - Objetivo específico	25
7.2 - Metodologia	25
7.3 - Principais usos e ocupações	25
8 - HIDROLOGIA E QUALIDADE DAS ÁGUAS DE SUPERFÍCIE	29
8.1 - Objetivo específico	29
8.2 - Metodologia	29
8.3 - Caracterização climática	29
8.3.1 - Características meteorológicas	29
8.3.2 - Parâmetros climatológicos	29
8.3.3 - Precipitação	34
8.3.4 - Evapotranspiração potencial	34
8.4 - Hidrologia superficial	37
8.4.1 - Hidrografia	37
8.4.1.1 - Características hidrográficas e ambientais da sub-bacia do Barreiro/Araxá	39
8.4.2 - Avaliação das disponibilidades hídricas de superfície	42
8.4.2.1 - Levantamento dos dados	42
8.4.2.2 - Análise dos dados fluvimétricos	44
8.4.2.3 - Definição da série histórica	44
8.4.3 - Levantamento de campo	49
8.4.4 - Recomendações	49
8.5 - Qualidade das águas de superfície	49
8.5.1 - Classificação das águas do município	51
8.5.2 - Rede de monitoramento	52
8.5.3 - Parâmetros analisados	52
8.5.4 - Análise dos resultados	53
8.5.4.1 - Córrego da Mata	53
8.5.4.2 - Córrego Baritina	61
8.5.4.3 - Lago da Fonte Andrade Júnior	61

8.5.4.4 - Lago Superior	62
8.5.4.5 - Córrego da Cascatinha	62
8.5.4.6 - Lago Inferior	63
8.5.5 - Conclusões	63
8.6 - Considerações finais e recomendações	64
9.0 - HIDROGEOLOGIA	65
9.1 - Objetivos específicos	65
9.2 - Metodologia	65
9.3 - Cadastros de pontos d'água	66
9.3.1 - Fonte Dona Beja	68
9.3.2 - Fonte Andrade Júnior	71
9.4 - Unidades Aquíferas	72
9.4.1 - Aquífero Intergranular (Barreiro)	72
9.4.2 - Aquífero Fraturado	75
9.5 - Hidroquímica	78
9.5.1 - Composição	79
9.5.2 - A presença do bário nas águas subterrâneas	88
9.6 - Qualidade das águas subterrâneas	95
9.7 - Vulnerabilidade natural dos aquíferos	97
9.8 - Conclusões	99
9.9 - Recomendações	100
10 - ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO	103
10.1- Objetivo específico	103
10.2- Metodologia	103
10.3- Zoneamento	103
10.3.1- Zona de Proteção dos Recursos Hídricos - ZPRH	104
10.3.1.1 - Função	104
10.3.1.2 - Critérios de delimitação	104
10.3.1.3 - Principais conflitos de uso	104
10.3.1.4 - Restrições ao uso e ocupação	104
10.3.1.5 - Programas	105
10.3.2 - Zona de Conservação de Uso Disciplinado - ZCUD	105
10.3.2.1 - Função	105
10.3.2.2 - Critérios de delimitação	105
10.3.2.3 - Principais conflitos de uso	106
10.3.2.4 - Restrições ao uso e ocupação	106
10.3.3 - Zona de Atividade Mineira Industrial - ZAMI	106
10.3.3.1 - Função	106
10.3.3.2 - Uso e ocupação	106
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA	113
ANEXOS - Catálogo de pontos d'água	121

QUADROS

Quadro 1: Normas climatológicas	31
Quadro 2: Relação entre as vazões medidas e calculadas	47
Quadro 3: Vazões médias do posto Iraí de Minas	51
Quadro 4: Vazões específicas mensais da região do Barreiro	51
Quadro 5: Vazões medidas na região do Barreiro	51
Quadro 6: Características dos principais parâmetros analisados	54
Quadro 7: Cadastramento de pontos d'água do Barreiro	66
Quadro 8: Cotas piezométricas medidas no período de 1989-1997 nos poços do aquífero Barreiro	75
Quadro 9: Principais características físico-químicas das águas do aquífero Barreiro, analisadas pela CPRM em 1997	81
Quadro 10: Resultados estatísticos das análises físico-químicas das águas naturais do aquífero Barreiro	83
Quadro 11: Resultados estatísticos das análises físico-químicas das águas do enclave contaminado do aquífero Barreiro, analisadas pela CPRM em 1997	84
Quadro 12: Resultados estatísticos do monitoramento físico-químico executado no período de 1989 a 1997 nos piezômetros do Barreiro	85
Quadro 13: Principais características físico-químicas das águas do aquífero fraturado, analisadas pela CPRM em 1997	87
Quadro 14: Padrões de potabilidade das águas destinadas ao consumo humano	96

TABELAS

Tabela 1: Composição mineralógica média do minério de Araxá	22
Tabela 2: Reservas totais de minério	22
Tabela 3: Composições químicas do minério e do bariopirocloro de Araxá	22

APRESENTAÇÃO

O projeto Araxá/Barreiro vem demonstrar uma interação entre governo, empresa e comunidade, na busca de conhecimentos para o uso racional dos recursos naturais, em benefício da sociedade, tendo como premissa básica o respeito ao meio ambiente.

A área do projeto é de aproximadamente 2.516 ha, guardando nesse pequeno espaço um complexo de atividades envolvendo mineração, indústria e turismo, reconhecido mundialmente.

O trabalho desenvolvido pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil, em parceria com a Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG, apresenta à comunidade um conjunto de informações sobre o meio físico visando subsidiar a coexistência das atividades econômicas em consonância com a proteção do meio ambiente.

Capítulo 1

Introdução

O projeto Araxá resultou de convênio celebrado entre o Serviço Geológico do Brasil - CPRM e a Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG, visando ao estudo, em parceria, da bacia a montante do Grande Hotel do Barreiro, município de Araxá - MG. A área em estudo perfaz um total aproximado de 2.516 ha, caracterizada pelas sub-bacias dos córregos da Mata, Baritina e Cascatinha, afluentes do córrego do Sal.

O município de Araxá destaca-se como das mais importantes estâncias hidrominerais do Estado de Minas Gerais, com fontes de águas minerais de natureza diversa, além de lamas medicinais, com propriedades terapêuticas incontestáveis.

O Complexo do Barreiro está inserido em contexto geológico onde coexistem jazimentos minerais importantes como nióbio, fosfato e água mineral, hoje tidos como os produtos responsáveis pela atividade industrial e turística, não só do município como de toda a região do Triângulo Mineiro.

O estudo proposto visa fornecer subsídios para harmonizar as atividades socioeconômicas regionais com a preservação da qualidade e do volume das águas minerais do balneário do Barreiro, na tentativa de alavancar a atividade turística na região.

Capítulo 2

Justificativas

Subsidiar o planejamento do uso e ocupação da sub-bacia hidrográfica do córrego do Sal, a montante da estância hidromineral do Barreiro.

Fornecer subsídios para o gerenciamento racional dos recursos naturais da região, com ênfase ao estudo qualitativo e quantitativo das fontes hidrominerais.

Capítulo 3

Objetivos

Produzir o conhecimento básico sobre as fontes hidrominerais e seu entorno, com vistas à avaliação de suas origens, qualificação, quantificação e determinação de medidas de proteção das fontes existentes.

Definir parâmetros para o adequado uso da terra das áreas situadas a montante do Parque Hidromineral, com base nas características do meio físico.

Definir critérios para harmonização da atividade extrativa e de transformação dos recursos minerais existentes com a preservação do meio ambiente.

Capítulo 4

Síntese socioeconômica e histórico

A economia do município de Araxá era, no passado, sustentada praticamente pela agropecuária e pelo pequeno comércio de trocas. Em 1816, foi anunciada oficialmente a existência de águas minerais no município, ocorrendo a partir daí um incremento substancial na economia da região. Mais tarde, com o descobrimento dos jazimentos de nióbio e apatita, e com a exploração destes recursos minerais, o município passou por uma verdadeira revolução econômica. Hoje, as atividades econômicas principais estão relacionadas à mineração e ao turismo, seguidas da indústria de transformação, do comércio e da agropecuária.

Segundo dados do IBGE (*in* INDI 1997), a evolução da população residente no município é a seguinte:

Ano	Urbana	Rural	Total
1970	31.520	4.156	35.676
1980	51.311	2.093	53.404
1991	67.972	1.939	74.063

Segundo dados da Fundação João Pinheiro/Centro de Estatística e Informação - CEI (*in* INDI 1997), a população ocupada por setores econômicos (1980) é a seguinte:

Setores	Nº de pessoas
Agropecuária	2.348
Indústria (1)	7.876
Comércio	1.939
Transporte, Comunicação e Armazenagem	873
Outros Serviços (2)	7.758

- 1 - Inclui indústria de transformação, mineração, construção e serviços industriais e de utilidade pública.
- 2 - Inclui prestação de serviços, atividades sociais, administração pública e outras atividades.

A história do município de Araxá encontra-se bem retratada em acervo bibliográfico abrangente, disponível na Fundação Calmon Barreto, nessa cidade. Magalhães (1945) faz uma abordagem interessante sobre a história do município de Araxá e das fontes do Barreiro. Nesse trabalho, os historiadores mostraram que dois episódios marcaram fortemente a história de Araxá. O primeiro trata-se da conquista da região pelos índios Arachás, em 1766, favorecendo sobremaneira a instalação de agricultores e criadores. O segundo refere-se à transferência, através de decreto, do "Triângulo" da Capitania de Goiás para a de Minas Gerais, em 1816. A esse fato está relacionada a lenda de D. Beja, cujo nome verdadeiro era Ana Jacinta de São José. O ouvidor Joaquim Inácio Silveira da Mota, movido por intensa paixão, raptou-a, provocando um grande escândalo na região. Para amenizar o ocorrido e se vingar do ouvidor de Goiás, que era seu inimigo, aproveitou-se da amizade que detinha junto a D. Pedro I e, por intermédio do príncipe, conseguiu que D. João VI baixasse o alvará datado de 4 de abril de 1816, fazendo com que o julgado de Desemboque e de São Domingos de Araxá fosse desmembrado da Capitania de Goiás e incorporado à de Minas Gerais.

Daí em diante, D. Beja viveu cercada de luxo e aventuras. Como parte do seu dia-a-dia, costumava tomar banho na fonte do Barreiro, que mais tarde ficou batizada de Fonte D. Beja.

Uma outra versão quanto à reincorporação do Triângulo Mineiro à capitania de Minas Gerais está ligada ao movimento que os araxaenses realizaram, resultando em abaixo-assinado, intitulado "Requerimento dos Moradores de São Domingos do Araxá", pedindo sua passagem para a Capitania de Minas.

A pedido dos moradores da Freguesia de São Domingos do Araxá, através de requerimentos a D. João VI, a Freguesia passou a Vila em 13 de outubro de 1831.

Em 13 de dezembro de 1865, a vila de São Domingos de Araxá foi elevada à categoria de cidade.

Magalhães (*op cit*) enumera os fatos mais importantes que marcaram a história das fontes de águas minerais de Araxá:

1816 - O Barão de Eschwege leva ao conhecimento do Governo a existência dessas águas minerais, considerando-as de grande e notável valor (primeira comunicação oficial).

1886 - O dr. Orville Derby faz o primeiro estudo geológico da região.

1886 - O dr. Melo Brandão, clínico em Juiz de Fora, procede as primeiras análises químicas das águas sulfurosas, cujo trabalho está inserto no livro de atas da Câmara Municipal.

1890 - O conselheiro J. M. Caminhoá apresenta à Academia Nacional de Medicina a memória sob o título "Estudo das Águas Minerais de Araxá" e, de acordo com os informes dos clínicos locais, considera como principal virtude terapêutica o tratamento da tuberculose.

1891 - O Dr. João Teixeira Álvares funda em Araxá um sanatório para tratamento especialmente da tuberculose. Devemos retificar que as melhoras do tuberculoso não provinham do tratamento crenológico, conforme as observações clínicas atuais, e, sim, do bom clima de Araxá.

1903 - O dr. João Teixeira obteve o privilégio da Câmara Municipal de Araxá para exploração das fontes minerais.

1912 - A Empresa das Águas de Araxá construiu o primeiro balneário, com 6 banheiros de cimento, sendo a água sulfurosa aquecida em latas servidas para o acondicionamento de querosene.

1915 - São doadas as fontes minerais ao Estado, sendo criada a Prefeitura de Araxá.

1915 - As fontes minerais são arrendadas pela firma Botelho e Magalhães, que construiu uma estrada de automóveis ligando o Barreiro à cidade e edificou o primeiro balneário mais confortável, com 16 cabines de banho, com banheiras de ferro esmaltado, fazendo o aquecimento da água em serpentinas de vapor, e uma cabine de banho de lama.

1916 - Primeira análise clínica das águas sulfurosas, com exames feitos no local, pelo dr. Alfredo Schaeffer, chefe do laboratório de análises de Minas Gerais.

1922 - O Governo do Estado rescinde o contrato de arrendamento das fontes minerais, melhorando e ampliando o balneário, dotando-o de 32 cabines de banhos sulfurosos e 2 cabines de banhos de lama.

1925 - O dr. Andrade Júnior, com a colaboração do petrógrafo Djalma Guimarães, procede ao reconhecimento geológico da região e ao estudo petrográfico das rochas relacionadas com as fontes minerais.

1926 - O professor Otávio Magalhães, comissionado pelo Governo de Minas, faz o estudo bacteriológico das águas minerais e da fonte radioativa, considerada, então, como simples água potável.

1927 - O prefeito Mário Campos e o engenheiro Carvalho Lopes, após estudos e pesquisas experimentais, determinaram definitivamente a origem à formação da lama mineral.

1927 - O Governo do Estado projeta e inicia a construção de um balneário, orçado em 800 mil cruzeiros. Os trabalhos foram suspensos no começo da obra.

1927 - O dr. Andrade Júnior descobre o forte teor de emanações radioativas na fonte D. Beja.

1928 - Os drs. Andrade Júnior e Carvalho Lopes executaram o notável trabalho de captação das fontes sulfurosas, aumentando a vazão de 28.000 litros para 115.000 litros diários.

1929 - A dra. Eugéne Rugovine, assistente do professor Du Park, de Genebra, comissionada pelo Governo do Estado, procede às análises completas da fonte Andrade Júnior (fonte sulfurosa) e da fonte D. Beja, realizando os trabalhos no local.

1937 - O governador Benedito Valadares inicia as vultosas obras de moderníssimo aparelhamento da Estância.

1942 - Inauguração das grandes obras termais de Araxá, no dia 19 de abril.

1945 - O dr. Andrade Júnior verificou a existência das emanações de tório na fonte D. Beja".

Outros fatos relacionados à história do Barreiro, que merecem destaque:

"1947/1948 - Primeira pesquisa de fosfato, realizada pelo Instituto de Pesquisa Industrial de Belo Horizonte, mostrando uma reserva substancial de rocha fosfatada. Barbosa O. (1970).

1960 - A Companhia Agrícola de Minas Gerais S.A. - CAMIG começou a produzir fosfato moído.

1960 - Iniciou-se a exploração da mina de nióbio.

1978 - Foi detectada contaminação na produção de fosfato pela ARAFÉRTIL S.A.

1982 - Foi detectada contaminação das águas subterrâneas por bário, a partir da infiltração de cloreto de bário da barragem B4, pertencente à CBMM. Simultaneamente, alertou-se para os possíveis efeitos causados pelo rebaixamento da mina de fosfato, na qualidade e vazão da fonte Beja".

A partir desse conjunto de problemas iniciou-se uma série de atividades de neutralização do enclave de contaminação e de monitoramento químico e piezométrico de uma série de poços e corpos de água superficiais.

1997 - Reforma das termas, executada pela Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG.

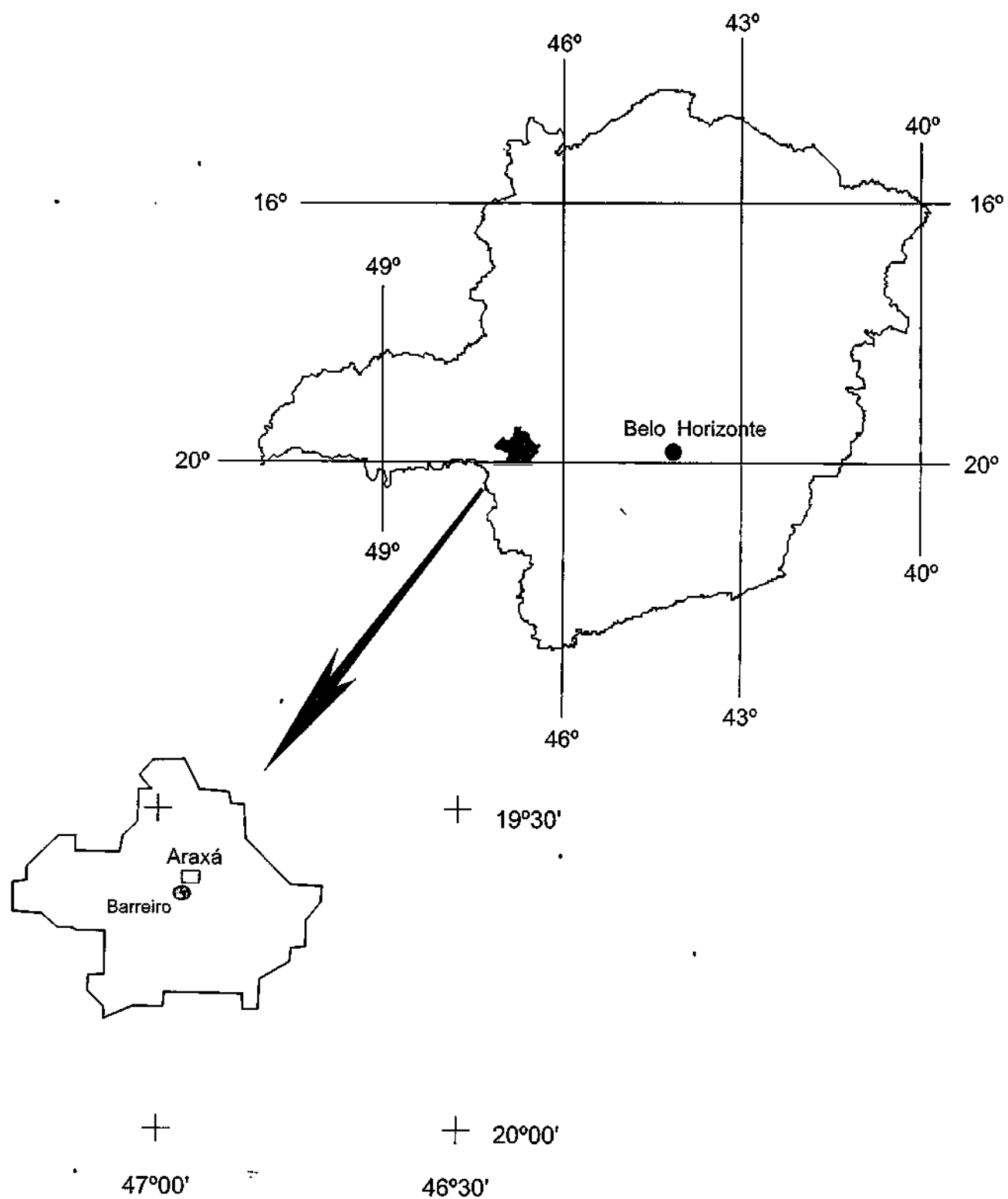


Figura 1 - Mapa de Localização do Complexo do Barreiro.

Capítulo 5

Localização

A área do Barreiro localiza-se no município de Araxá, a aproximadamente seis quilômetros ao sul da cidade, definida pelas coordenadas geográficas 19°38' latitude S e 46°56' longitude W.G. O acesso é feito a partir de Araxá no sentido Arafertil por estrada asfaltada ou pela CBMM, antigo acesso, por estrada revestida de pedra, tipo pé-de-moleque.

O município de Araxá é localizado na região do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, ocupa uma área de 1.166 km², distando 367 km de Belo Horizonte. (figura 1). Possui uma população urbana de 67.972 habitantes e rural de 1.939 (IBGE 1991). É servido por boa malha rodoviária, sendo as principais rodovias BR - 146, BR - 452, MG - 428 e MG - 341, interligando-se aos grandes centros e ao ramal ferroviário da Rede Ferroviária Federal. Possui aeroporto com pista asfáltica, medindo 1.900 m de extensão e 30 m de largura.

Capítulo 6

Caracterização Geológica

O Complexo do Barreiro/Araxá destaca-se economicamente como o mais importante entre os complexos alcalinos do Alto Paranaíba. Encontra-se intrudido em rochas quartzíticas, com xistos subordinados, do Grupo Araxá.

O manto de intemperismo recobre todo o conjunto de rochas do Complexo, contendo importantes depósitos minerais em exploração, como o nióbio, (pandaíta) lavrado pela Companhia Brasileira de Mineração e Metalurgia (CBMM) e o fosfato (apatita) pela Arafertil. A reserva de nióbio destaca-se como a maior do mundo, com 461.7×10^6 t de minério com teor médio de 2,5% de Nb_2O_5 (Issa *et alii* 1984).

O Complexo do Barreiro é formado por rochas plutônicas, de contorno circular, com aproximadamente 4,5 km de diâmetro, com uma área aproximada de 2.516 ha, modelado pelo anel quartzítico, como encaixante, extremamente fissurado e em parte fenitizado.

As rochas que constituem o Complexo são conhecidas através de estudos de testemunhos de sondagens, uma vez que não ocorre rocha plutônica aflorante. Trata-se predominantemente de rochas sílico-carbonatadas (predomínio de silicatos sobre carbonatos).

6.1 - Objetivo específico

Levantamento geomorfológico, litológico e estrutural que servirá de base, principalmente, aos estudos hidrogeológicos e ao zoneamento ecológico-econômico.

6.2 - Metodologia

Os primeiros trabalhos foram direcionados ao levantamento de todas as informações disponíveis, nos órgãos estaduais, municipais e nas empresas privadas. De posse dessas informações, foi montada a base cartográfica da área de trabalho, na escala 1:10.000, a partir das bases planialtimétricas cedidas pela CBMM e Arafertil. As coordenadas geográficas mostraram certa incompatibilidade com as do mapa geológico realizado por Grossi Saad *et alii* (1970). Após a compatibilização foi gerada uma base digitalizada, utilizada nas etapas desenvolvidas durante o projeto.

6.3 - Geomorfologia

A área em estudo está inserida no levantamento regional realizado por Barbosa *et alii* (1970). As formas de relevo predominantes são definidas como morros arredondados a ovalados, com encostas suaves e topos aplainados. A altitude máxima verificada no Complexo do Barreiro é de 1.222 m, situada no extremo sul, e o ponto de cota mais baixa é de 935 m, correspondendo ao leito do córrego do Sal. O córrego do Sal é o dreno principal, com as suas nascentes dentro do Complexo, formado pelos córregos Cascatinha, Baritina e da Mata.

Trabalho de cunho local como o de Grossi Sad *et alii* (*op cit*) definiu, na área do Barreiro, quatro superfícies de erosão, correlacionáveis às definidas regionalmente por Barbosa *op cit*. (figura 2).

Superfície I - Corresponde à superfície Canastra (Barbosa 1955 In Barbosa 1970), pós-Gondwana (King 1956 In Barbosa 1970) e Pratinha (Almeida 1956 In Barbosa 1970). Ocorre em uma área restrita, correspondendo a cotas superiores a 1.200 m.

Superfície II - Ocorre entre as cotas 1.100 e 1.200 metros, provavelmente corresponde à Superfície Sul-Americana (King 1956 In Barbosa 1970).

Superfície III - Situada em cotas que variam de 990 a 1.180 metros, caracterizada por morros de encostas muito suaves e topos achatados, correspondendo à Superfície Araxá (Barbosa 1955 *in* Barbosa 1970). Essa superfície torna-se muito importante, uma vez que os depósitos minerais de modo geral estão associados a ela. Os corpos de canga e argilito se formaram durante a sua implantação. A ocorrência de corpos de canga em diferentes níveis, nas margens dos córregos Cascatinha, Baritina e da Mata, atesta a variabilidade climática durante a instalação dessa superfície.

Superfície IV - Corresponde à Superfície Velhas (King 1956 *In* Barbosa 1970), com topo máximo de 990 metros, ocupada em sua quase totalidade por depósitos recentes. Um exemplo desses depósitos foi encontrado junto à Fonte Andrade Júnior, caracterizados por detritos de canga contendo ossadas de *Haplomastodon* e *Megatherium*, de idade Pleistocênica Superior (Foto 11).

Com base nos furos de sonda realizados na área, foi possível determinar a profundidade em que se faz presente a ação do intemperismo. Na parte norte, observa-se que entre 10 e 180 metros encontra-se rocha fresca. Na parte sul, o material decomposto ultrapassa os 200 metros.

No manto intemperizado, verifica-se predominância de solo laterítico e laterita, depósitos de canga bordejando os drenos, além de um pequeno depósito de argilito e colofana (figura 2 e mapa geológico anexo).

6.4 - Geologia Regional

A geologia regional está calcada nos trabalhos do projeto Geologia do Triângulo Mineiro, Barbosa *et alii* (1970), que definiram, nas proximidades de Araxá, a ocorrência de unidades geológicas denominadas de Complexo Granito-Gnáissico, Grupo Araxá, Grupo Canastra, Formação Ibiá, Intrusivas Alcalinas, e as Coberturas.

O Complexo Granito-Gnáissico é constituído por granitos e gnaisses de composição granodiorítica, com intercalações de anfibolitos; consideradas como as rochas mais antigas da área. O metamorfismo mais alto dessas rochas atinge a fácies anfibolito médio. O contato dessa unidade com os xistos do grupo Araxá torna-se extremamente difícil, devido à profunda decomposição das rochas e ao considerável aplainamento atuante na região.

Grupo Araxá - A designação do grupo foi dada por Barbosa (1955 *in* Barbosa 1970), durante os trabalhos realizados nos arredores de Araxá. Trata-se de micaxistos e quartzitos com intercalações de anfibolitos. Os xistos são a duas micas, com predominância de muscovita. O mineral acessório mais importante é a granada, além da presença em menor escala de rutilo, zircão, turmalina e estaurolita. Os quartzitos ocorrem em leitos delgados, em torno do domo do Barreiro, extremamente fraturados, parcialmente fenitizados pelas intrusivas. Também ocorrem em leitos decimétricos paralelamente à serra de Pirapetinga, com efeitos de catáclase. Os metamorfitos desse grupo atingiram fácies epidoto-anfibolito. Embora as rochas desse grupo se encontrem dobradas em conjunto com as do Complexo Granito-Gnáissico, observações de campo fornecem evidências de que o Grupo Araxá se encontra sobreposto ao Complexo.

Grupo Canastra - Esse grupo foi definido por Barbosa (1955 *in* Barbosa 1970) e é constituído com base de filitos e quartzitos. Os filitos são, na maioria, quartzo-filitos, caracterizados por lâminas delgadas de filitos intercalados por lâminas delgadas de quartzito, de granulação muito fina até síltica. Há uma predominância de filitos prateados, sericíticos, porém são comuns os filitos grafitosos (às vezes piritosos) e filitos granatíferos. Os quartzitos, na sua maioria, intercalam-se aos filitos e são de granulação fina. Por vezes, ocorrem quartzitos ferruginosos a itabiríticos. Nas proximidades das zonas de falhas, os quartzitos são milonitizados e apresentam aspecto fibroso, denominados localmente de "xisto pau" ou, quando silicificados, perdem o aspecto granular e são popularmente chamados de "gelados". O metamorfismo apresentado por essas rochas são de baixo grau, menos intenso que o do Grupo Araxá. O contato dessa unidade com as do Araxá e Ibiá é através de falhamentos.

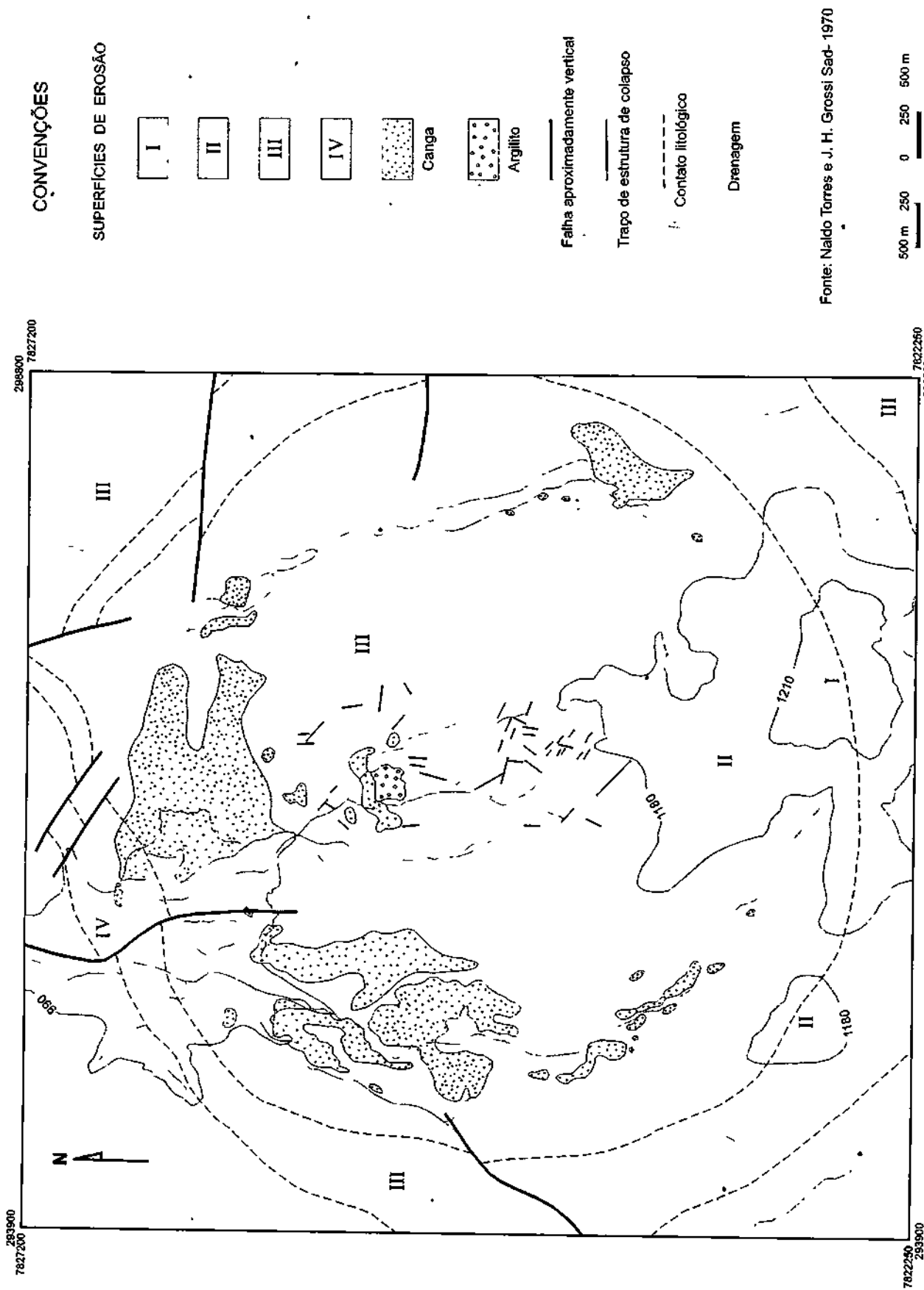


Figura 2 - Mapa Geomorfológico do Barreiro / Araxá

Formação Ibiá - É constituída predominantemente de calcoxistos, representados por calcosericita a clorita-xistos, quase sempre microdobrados e crenulados, com neoformação de leitos e núcleos de quartzo. Quando frescos, apresentam coloração cinza-chumbo a ligeiramente esverdeada. O metamorfismo atuante nessa unidade é de baixo grau, fácies xisto-verde. O contato dessa unidade com as do Complexo Granito-Gnáissico e as do Grupo Araxá se faz através de falhas de empurrão, enquanto que com o Grupo Canastra é concordante.

Intrusivas Alcalinas - O Complexo do Barreiro/Araxá faz parte de um conjunto de corpos alcalino-carbonatíticos situados na região do Alto Paranaíba, no oeste Mineiro e sul de Goiás. Esses corpos alinham-se segundo direção NW, ao longo de falhas profundas, entre a Bacia do Paraná e o craton de São Francisco (Hasui Y. e Cordani, U. G. 1976).

Sendo identificados os corpos de Araxá, Tapira, Salitre, Serra Negra e Catalão. Encontram-se encaixados em seqüências metassedimentares pré-Cambrianas dos Grupos Araxá, Canastra e Bambuí (Barbosa, O. *op cit*). Comumente, apresentam forma ovalada ou circular. As rochas dessas ocorrências foram datadas pelo método K-Ar e, de modo geral, as idades aparentes obtidas situam-se no Cretáceo Superior. A maioria agrupa-se em torno de 80 m.a, à exceção de Araxá, com determinação em torno de 90 m.a (Hasui, Y. e Cordani, U. G. 1968).

Para o distrito alcalino de Araxá, vários tipos de rochas foram identificadas como: malingito, araxaíto, carbonatito, jacupiranguito, além de diversos produtos de alteração.

Cobertura Detrito-Laterítica - Há indícios de ocorrências de restos de superfícies aplainadas, em diversos níveis e de diversas idades, geralmente laterizadas. O laterito ferrífero ocorre em forma de amêndoas e, menos freqüentemente, como crosta contínua (canga). O mineral predominante é a goetita, podendo associar-se a hematita. Comumente, se forma onde o "bedrock" é quartzítico ou onde há predominância de magnetita.

6.5 - Geologia Local

6.5.1 - Rochas Encaixantes

Os primeiros trabalhos de geologia de que se tem conhecimento em Araxá devem-se a Derby 1866, Djalma Guimarães 1925 e 1926 e Barbosa 1937 (in Barbosa, O. *op cit*).

O Complexo do Barreiro encontra-se encaixado nos metassedimentos, atribuídos ao Grupo Araxá (Barbosa, O. *op cit*). Contudo, deve-se salientar que, a sudoeste da área, ocorrem filitos com intercalações de quartzitos, pertencentes ao Grupo Canastra (Barbosa, O. *op cit*). O levantamento geológico está calcado, principalmente, nos trabalhos desenvolvidos por Grossi Saad et alii (1970) e Issa et alii (1984), com algumas verificações de campo (figura 3 e mapa geológico anexo). O Complexo carbonatítico ocorre intrusivo em rochas quartzíticas, com xistos subordinados.

As rochas quartzíticas são as responsáveis diretas pela manutenção da conformação dômica do Complexo, com espessura estimada variando de 100 a 600 metros. Mapeada como unidade inferior, é constituída principalmente de quartzo, via de regra recrystalizado, resultante de efeitos de contato. Os principais minerais acessórios são: sodanfíbolios, microclina, apatita, dolomita, ortoclase, moscovita, oligoclásio cloritóides e opacos.

Os minerais citados, excluindo os cloritóides, são resultantes do metassomatismo. Os cloritóides estão presentes nos quartzitos mais deformados, de preferência nos leitos amarrotados. Análise petrográfica dos quartzitos revelou o quartzo como constituinte principal, tipicamente deformado, com grãos variando de 0,05 a 2,5 mm. Apresenta uma textura granoblástica ou fortemente xistoso. Em alguns cristais, observa-se extinção ondulante, devido à sua recrystalização. Anfíbolio ocorre na rocha ocupando fraturas ou em forma de bolsões ou em agregados lenticulares. Às vezes, venula o quartzo ou ocorre como inclusão. O anfíbolio é a eckermannita, possui hábito prismático a acicular, e grãos com dimensões de 0,05 a 1,5 mm.

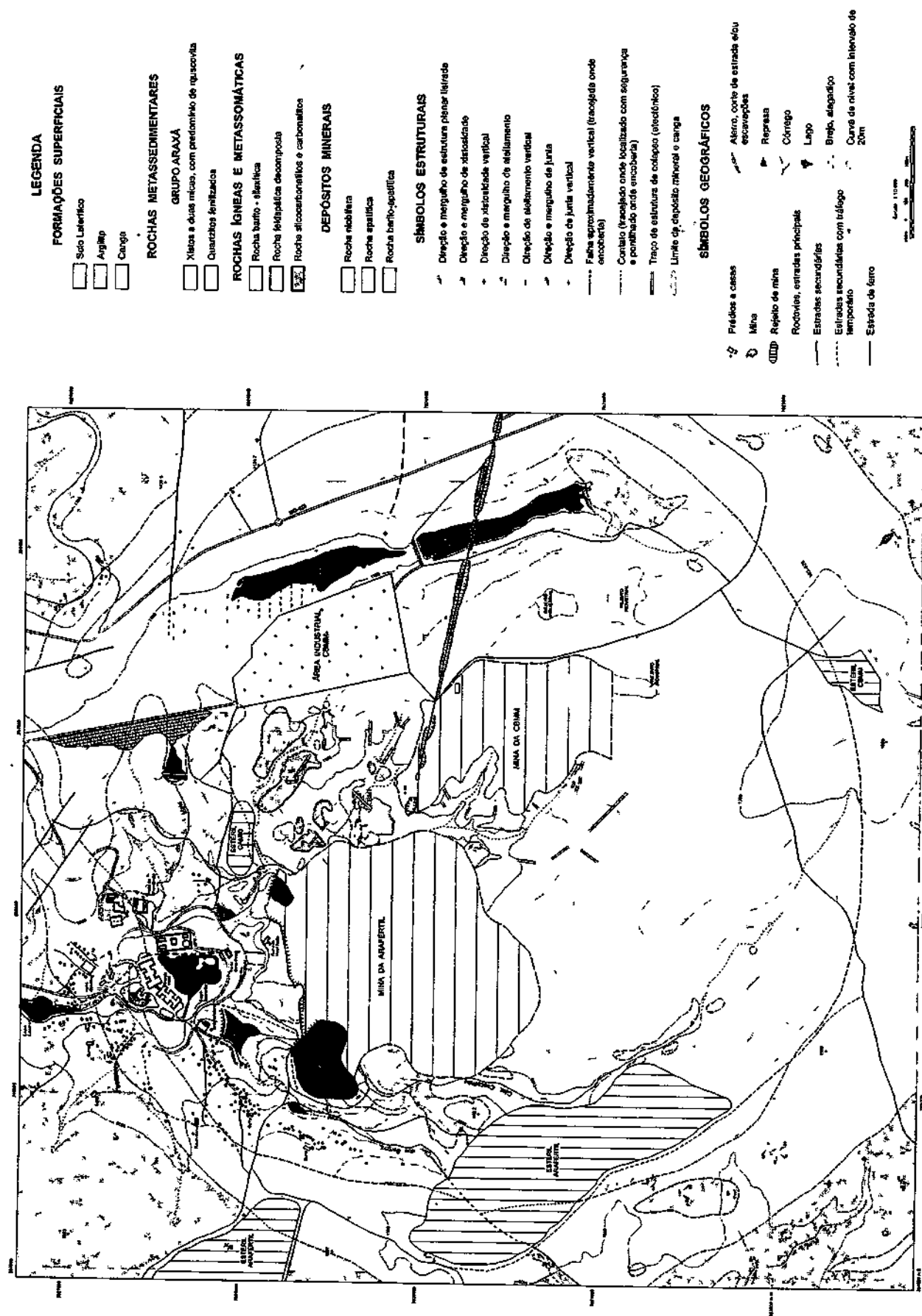


Figura 3 - Mapa Geológico

A microclina ocorre intersticial ou como pequenos porfiroblastos, às vezes sem forma definida. Os minerais são límpidos, com dimensões dos grãos em torno de 0,15 mm, podendo alcançar 3 mm. Pode, às vezes, ocorrer inclusive em dolomita. O ortoclase tem composição $Or_{75}Ab_{15}$ e, portanto, trata-se de sodaortoclase, ocorrendo em pequenos porfiroblastos, às vezes incluso em dolomita. O carbonato é a dolomita, apresentando coloração turva, não deformada, ocorrendo associada ao anfibólio e substituindo os minerais descritos anteriormente. Os feldspatos ocorrem não deformados, porém deformam a matriz que os contém. Tal fato atesta que esses minerais foram introduzidos na rocha quartzítica. Os quartzitos fenitizados (com sodanfibólio e feldspato) não foram individualizados dos demais quartzitos, dada a ausência de afloramentos contínuos. A zona de contato dos quartzitos e a intrusiva do Complexo Barreiro foi definida com base na variação do tipo de solo, gerado por um ou outro tipo rochoso.

A unidade geológica superior pertence ao grupo Araxá. Trata-se de um micaxisto, caracterizado como quartzo-biotita xisto, na sua maioria fenitizado e alterado, guardando sua textura original. Além de biotita e quartzo, a sericita está presente, como parte dos minerais originados antes da intrusão. A granulação varia de 0,01 a 0,3 mm, e apresenta estrutura xistosa amarrota. O quartzo apresenta-se com estiramento. Como mineral acessório, ocorre a cianita. O metassomatismo silicoso se faz presente, com introdução de quartzo de contorno hexagonal, de dimensões de até 2 mm. Fato notório é que esse mineral envolve grãos de biotita, anfibólio e ortoclase. Durante os processos de fenitização, foram gerados os minerais de anfibólio e K-feldspato.

O comportamento estrutural do Complexo do Barreiro é facilmente observado na estruturação dômica adquirida pelas rochas do grupo Araxá, resultante da intrusão. As rochas quartzíticas são as que apresentam os melhores efeitos da intrusão, verificados através da fenitização e do intenso fraturamento, verificado através da ocorrência de juntas e falhas (figura 4).

6.5.2 - Rochas Intrusivas

Na área do Barreiro não foi encontrado afloramento de rocha fresca. Abaixo do lago, ao lado da fonte Andrade Júnior, foi verificada a presença de brecha quartzítica, com diques e veios de carbonatito.

Grossi Sad (*op cit*) definiu, em seus estudos, que as rochas predominantes do Complexo são silicocarbonatitos, onde há predominância de silicatos sobre carbonatos, e que, sob o depósito de pandaíta, existiria uma massa mais ou menos contínua de carbonatitos. Entretanto, através de análises dos testemunhos de rochas frescas, obtidos de furos executados no Barreiro, aventou-se a possibilidade da não-existência de uma massa de silicocarbonatito envolvendo o corpo de carbonatito e, sim, uma transição entre tais tipos petrográficos. A partir dessas análises, definiu como rochas predominantes um conjunto de piroxenito-peridotito, recortado por carbonatito-rauhagítico, e zonas de composição essencialmente de rocha glimerítica ou anfibólica. Faixas de apatitos e silexitos associam-se às rochas do Complexo.

Os constituintes principais dessas rochas silicocarbonatadas são: olivina-crisolita, diopsídio-hedembergita, flogopita-anomita. Como varietais: apatita, magneto-ilmenita. Como acessórios: perovskita, titanita, zircão, anatásio, rutilo, sulfetos e pirocloro. A rocha, quando fresca, apresenta coloração verde-escura a acinzentada, quando meteorizada origina o regolito de tonalidade marrom, contrastando com o solo, que é vermelho-tijolo. Quando substituída por silexito (quartzo, calcedônia e goethita) é de cor amarela a marrom.

Trabalhos mais recentes na área do Complexo do Barreiro, como o de Issa, A. *et alii* (*op cit*) assinalaram presença de um conjunto de rochas definidas como: carbonatitos, foscoritos e glimeritos. O carbonatito apresenta forma arredondada, com diâmetro em torno de 2 km, situado na parte central do Complexo. (Silva, A. B., *et alii* 1979 in Issa A *op cit*). Essas rochas ocorrem em veios, que variam de centimétricos até vários metros de espessura, penetrando os glimeritos (figura 5).

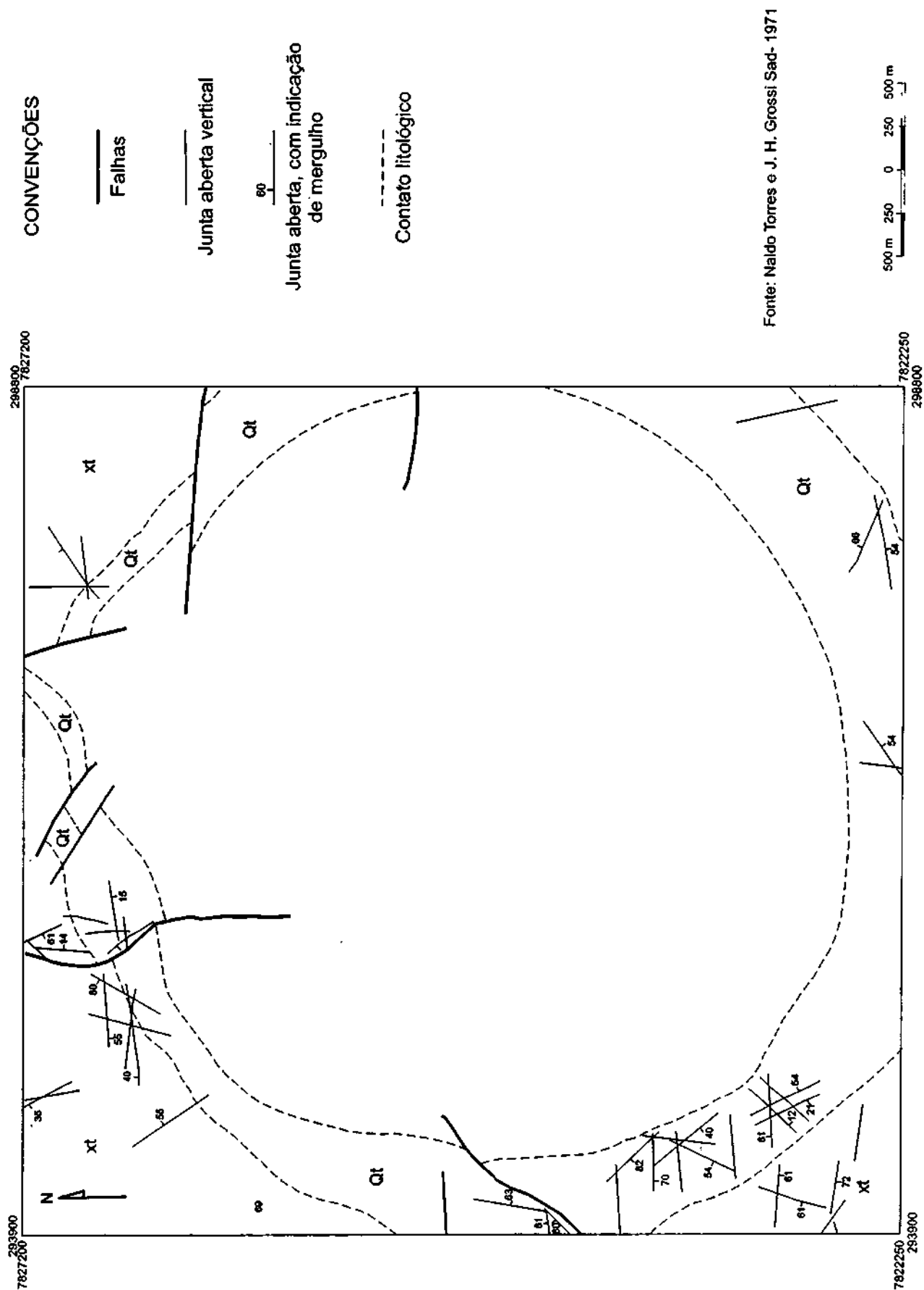


Figura 4 - Mapa de Fraturas

Em análise petrográfica, definiu-se o tipo beforsítico como predominante, apresentando granulação média a grosseira. A dolomita ocorre como mineral dominante, além de calcita e ankerita subordinados. Outros minerais podem estar presentes: barita, apatita, magnetita, perovskita, quartzo secundário, pirita, flogopita, anfibólio sódico isokita e estroncionita. O bariopirocloro ocorre como acessório freqüente nessa rocha. Na parte central do Complexo é encontrada apatita beforsitos contendo até 15,25% de apatita. Na porção centro-oeste do Complexo foi descrito, em testemunho de sondagem, carbonatito metassomático, preservando estrutura ígnea original do provável piroxenito (Mariano, A. N., 1975; *in* Issa, A *et alii op cit*). Em área restrita, no canto NW do Complexo, ocorre o sovito típico, também ocorrendo como diques nas rochas encaixantes (Silva, A B. *et alii* 1979; *in* Issa *et alii op cit*).

Os foscoritos são descritos como uma rocha contendo carbonato, flogopita, apatita e magnetita. Ocorre associada ao carbonatito na parte central do Complexo. Trata-se de uma rocha brechada, granulação variando de fina a grosseira, coloração escura. O pirocloro está presente nessa rocha com teores de até 8% de Nb_2O_5 . Essas rochas mostram-se as mais ricas em pirocloro, destacando-se como o mais importante minério primário.

As rochas glimeríticas ocorrem com maior predominância entre a faixa de carbonatitos e o anel quartzítico, além de estarem presentes em todos os testemunhos analisados. Predomina a cor marrom-escura, e a granulação varia de fina a grosseira. O mineral constituinte principal é a flogopita, podendo ocorrer a dolomita.

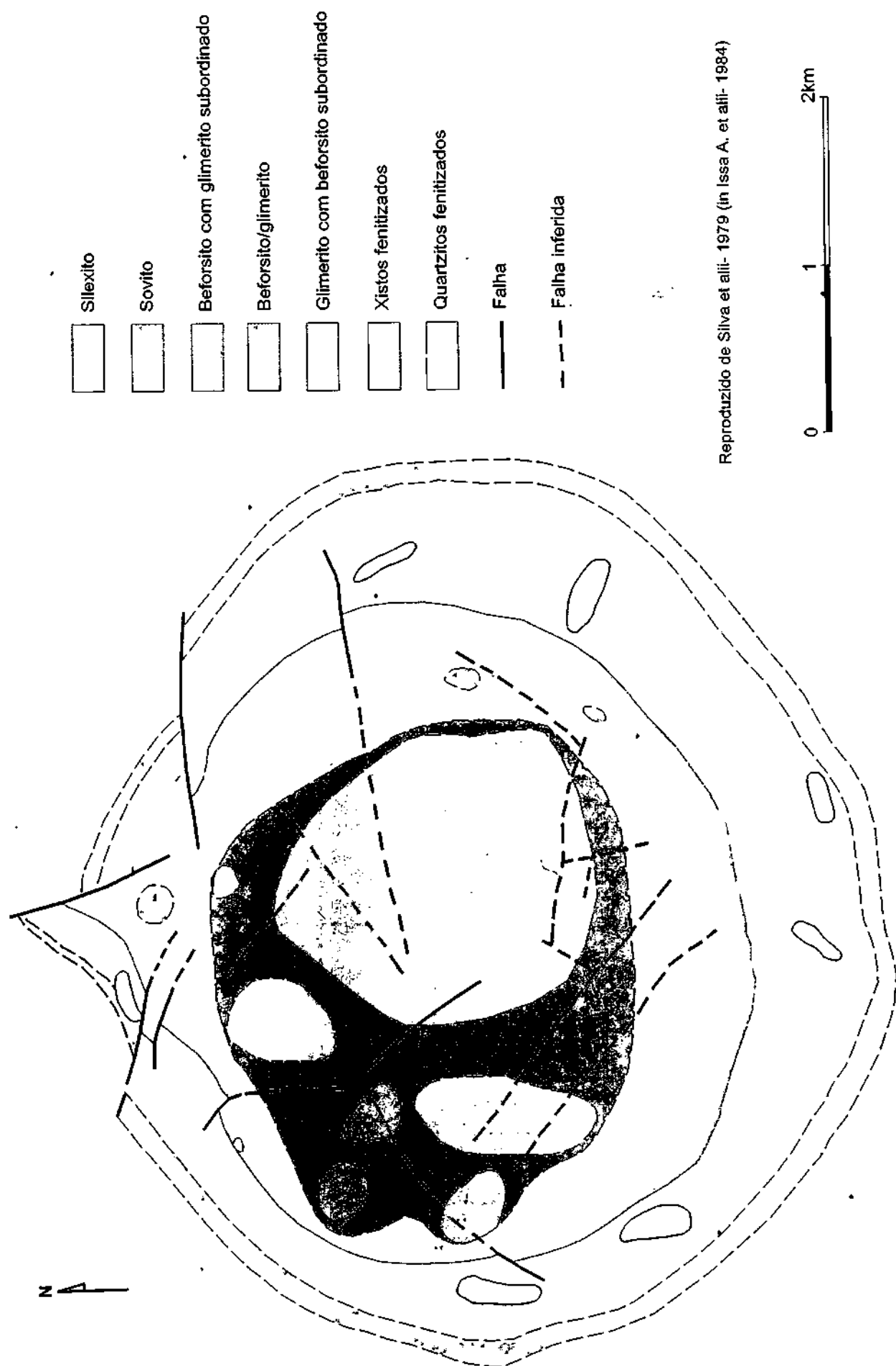
6.5.3 - Cobertura Laterítica

A área do Complexo do Barreiro está totalmente coberta por material laterítico, variando de alguns metros até mais de 200 metros de profundidade. Cangas concrecionárias ocorrem principalmente ao longo dos drenos que nascem dentro do Complexo. São compostas essencialmente de limonita, goethita e magnetita, às vezes com pirocloro presente. Corpos de rocha silicítica, às vezes portadora de barita, além de pirocloro, apatita e minerais portadores de terras raras são encontrados no interior do Complexo. Nesse manto de intemperismo estão presentes importantes jazimentos de nióbio e fosfato.

Nióbio - Os primeiros trabalhos de cálculo da reserva de minério foram realizados por Djalma Guimarães (1957), avaliada em torno de nove milhões de toneladas. Atualmente, a jazida de nióbio é explotada pela CBMM (Companhia Brasileira de Mineração e Metalurgia), com uma reserva calculada em torno de 461×10^6 t, com teor médio de 2,5% de Nb_2O_5 . As tabelas 1, 2 e 3 mostram a composição mineralógica média, as reservas do minério e a composição química do minério e do bariopirocloro, relacionadas exclusivamente às mineralizações da cobertura laterítica. Sondagens executadas pela CBMM, através de furos de sonda testemunhados, atingindo profundidade de até 844 metros, em rocha fresca, mineralizado em toda sua extensão, demonstraram a existência de reservas com valores bem superiores aos apresentados anteriormente.

Fosfato - A jazida de fosfato (apatita) explotada pela Arafertil apresenta reserva em torno de 460×10^6 t, com teor médio de 15% de P_2O_5 . A barita encontra-se associada tanto ao minério de nióbio como ao de fosfato, apresenta coloração variando de incolor a verde, em forma de veios ou concrecionária. O depósito soma reservas em torno de 463×10^6 t, com teor médio de 20,6% de $BaSO_4$ (Issa *op cit*).

Urânio - Djalma Guimarães (1953 e 1957) realizou os primeiros estudos petrográficos realizados na área, e as primeiras avaliações do jazimento de pirocloro, definindo uma reserva em torno de oitenta mil toneladas de U_3O_8 . Castro, L. O. (1968) desenvolveu pesquisa no Complexo do Barreiro e verificou que o teor de urânio nos corpos de minério de pirocloro é variável desde 0,005% de U_3O_8 nos mais pobres, até 0,1% no chamado pirocloro uranífero. As reservas cubadas são de aproximadamente 8×10^5 t, com teor médio de 416 ppm de U_3O_8 . O urânio associado a monazita e goyazita foi cubado 8×10^5 t de minério contendo em média 13,5% de $(TR)_2O_3$ e cerca de 0,05% de U_3O_8 .



Reproduzido de Silva et alii- 1979 (in Issa A. et alii- 1984)

Figura 5 - Carbonatito do Barreiro / Araxá

O urânio associado a rocha fosfática na área pesquisada apresentou uma reserva de 170.000 t de minério, com teor de 0,1% de U_3O_8 , situando-se as mineralizações acima do nível freático, até profundidade máxima de 27 metros.

Mineral	% Peso
Bariopirocloro	4.6
Limonita, Goethita	35.0
Barita	20.0
Magnetita	16.0
Gorceixita	5.0
Monazita	5.0
Ilmenita	4.0
Quartzo	5.0
Outros	5.4

Tabela 1: Composição mineralógica média do minério de Araxá (Paraíso, O. S. & Fuccio, R. de, 1981).

Categoria	Toneladas	% Nb_2O_3
Medida	131.612.000	2.50
Indicada	41.793.000	2.49
Inferida	288.349.000	2.50
Total	461.754.000	2.50

Tabela 2: Reservas totais de minério (Issa *op cit*).

	Minério*	Bariopirocloro**
Nb_2O_5	3.00	63.42
Ta_2O_5	traços	0.15
BaO	17.73	16.51
CaO	traços	0.44
$(TR)_2O_3$	0.44	3.29
ThO_2	0.13	2.34
MnO_2	1.82	0.16
Fe_2O_3	46.52	-----
FeO	-----	2.37
TiO_2	3.60	2.30
PbO	traços	0.42
SnO_2	traços	0.10
Al_2O_3	1.19	-----
P_2O_5	3.32	-----
SiO_2	2.38	-----
ZrO_2	0.20	-----
SO_3	8.82	-----
U_3O_8	0.0082	-----
P.F.	6.02	-----
H_2O	-----	-----

Tabela 3: Composições químicas do minério e do bariopirocloro de Araxá

(*) Jaffe, H. W. & Sechow, D. H. (1960)

(**) Paraíso, O. S. & Fuccio, R. de (1981)

Durante os estudos realizados por Grossi Saad et alii (op cit) para cubagem dos jazimentos de nióbio e fosfato do Barreiro/Araxá, foram executados mais de setenta furos de sonda. A seguir é apresentado um perfil composto, na tentativa de mostrar o material existente em profundidade.

Profundidade (m)	Material atravessado
0,00 - 5,00	Superficialmente predomina solo laterítico, de coloração chocolate, passando a cores variadas cinza-escura a marron-esverdeada, argiloso, com magnetita e grânulos duros de limonita.
5,00 - 170,00	Via de regra, ocorre material terroso, bastante argiloso, coloração variando do pardo-amarronzada a pardo-amarelada, às vezes, escura. Ocorrem fragmentos duros de silexito de coloração amarronzada, percentagem variada de magnetita granular, fina, nódulos de areia quartzosa, faixas de coloração pardo-arroxeadas contendo monazita, pintas de material argiloso pálido-esverdeado, palhetas de mica, cristais de barita, faixas pardo-amareladas por vezes carbonáticas. Nota-se que o teor de carbonato aumenta com a profundidade. Em alguns poços, verificou-se que essa faixa de material terroso, com uma infinidade de variações tanto em coloração como em constituintes minerais, chega a mais de 200 metros de profundidade.
170,00 - 190,00	Rocha decomposta, com blocos silicificados. A rocha, que inicialmente está completamente desagregada, é composta por mica dourada em palhetas disseminadas em massa argilosa amarela, nódulos esverdeados, provavelmente de piroxênio decomposto e magnetita finamente granular. Em todo intervalo são abundantes os blocos castanho-esverdeados de material silicificado, contendo palhetas de mica e finas vênulas carbonáticas.
190,00 - 200,00	Carbonatito parcialmente decomposto, branco, textura granular fina, predominando a calcita em cristais submilimétricos, com palhetas de mica castanho-escura, pirita e magnetita, além de agrupamentos de piroxênio muito fino, como acessórios; no final aparecem blocos de mica piroxenito, cinzento-esverdeados, envolvidos pelo carbonatito.

Fonte: GEOSOL (1970)

Capítulo 7

Uso e Ocupação do Solo

7.1 - Objetivo específico

Levantamento do uso e ocupação do meio físico atual, visando à racionalização do uso no futuro, sem o comprometimento do meio ambiente.

7.2 - Metodologia

Para a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo foram realizadas as seguintes etapas: fotointerpretação preliminar, verificação de campo e fotointerpretação final.

Na fotointerpretação preliminar foram utilizadas fotografias aéreas, preto e branco, na escala 1:20.000, 1986. Com auxílio de estereoscópio de bolso e de espelho foram identificados os principais usos da terra, possíveis de serem observados. Esses dados foram traçados tanto em overlays na escala da foto, como em mapa na escala 1:10.000.

Na etapa de campo, foi possível confirmar ou não a precisão dos dados fotointerpretados, caracterizando-se, com segurança, cada unidade individualizada.

Fotointerpretação final - Na última etapa foi realizada nova fotointerpretação que, acrescida dos dados de campo, deu origem ao mapa final. Neste mapa, foram lançados minas em exploração, área industrial, área de rejeito industrial e estéril, área de vegetação, área de criação de animais silvestres, áreas edificadas, lixão, reservatório d'água, curral, etc.

7.3 - Principais Usos e Ocupações

Dentre as unidades cartografadas, destacam-se a exploração e industrialização do minério de nióbio pela Companhia Brasileira de Mineração e Metalurgia - CBMM, a exploração e industrialização de rocha fosfática pela Arafertil e a exploração e engarrafamento de águas minerais pela Superágua S.A. e o Complexo Turístico do Barreiro, atividades aparentemente conflitantes, mas que até o momento têm conseguido conviver harmonicamente.

O Complexo Turístico do Barreiro é constituído por um conjunto de edificações em estilo missões, com área construída de 46.000 m², lagos, fontes e parques de grande importância turística, cultural e histórica. É composto pelo Grande Hotel, atualmente em reforma, pelas Termas, reformadas em 1997, pelas fontes sulfurosas Andrade Júnior, fonte D. Beja, lagos, matas e por um parque de lazer de grande beleza (fotos 2, 3, 4 e 18).

Assentamentos urbanos sem infra-estrutura de saneamento básico (foto 1) vêm-se proliferando nas imediações desse Complexo, em áreas de grande vulnerabilidade do aquífero subterrâneo, na bacia do córrego da Cascatinha. Nessas áreas, além dos esgotos residenciais, existem currais e chiqueiros onde os dejetos escoam a céu aberto, assumindo a drenagem natural e desaguando em lagoas ou no próprio córrego. A 500 m a oeste do Grande Hotel observa-se a presença de depósitos de lixo urbano (lixão, foto 13).

A área da Companhia Brasileira de Mineração e Metalurgia (CBMM), detentora por arrendamento da jazida de nióbio, vem sendo explorada desde 1961, ocupando grande parte dos terrenos da bacia do Barreiro. Os trabalhos de lavra são realizados a céu aberto através de bancadas (foto 9), sem atingir o nível freático. Do material resultante do decapeamento da mina, parte é usado em obras viárias dentro do parque da companhia, e o restante, depositado na área 1. A cava da

mina e o parque industrial são mostrados na figura 6 e, com mais detalhe, no mapa anexo. Associados ao processo de exploração e transformação do minério em ferro-liga, advêm os resíduos sólidos e líquidos. O resíduo sólido industrial, resultante da lixiviação do nióbio, contendo material radioativo (óxido de tório) e sulfato de bário, é depositado em área especial, definida como rejeito industrial 2. É uma área com baixa declividade em torno de 2%. Este material é depositado em forma de sanduíches, formados por uma camada de estéril de baixa permeabilidade, em forma de meia laranja. Na parte central, é colocado o estéril contendo sulfato de bário e óxido de tório, a seguir é colocada outra camada de rejeito da mina, fechando o pacote. Segundo informações da CBMM, cada camada de rejeito inibe três vezes a radioatividade do tório. Para o monitoramento dessa área, a CBMM construiu quatro poços tubulares entre o depósito e o lago, onde periodicamente são feitas coletas de amostras para análises. A vistoria do depósito é feita pela CNEN. Outro resíduo sólido, fosfatado, produzido na usina, é disposto em outro local, definido como área de rejeito industrial 3 e 4. Este material está sendo testado na agricultura e vem mostrando alguns resultados positivos. O resíduo líquido, contendo cloreto de bário e outros elementos residuais, é lançado diretamente no lago, a leste do parque industrial (foto 7). Devido à alta porosidade e à permeabilidade do latossolo da área, o lençol freático passou a ser contaminado com bário. Por essa razão, a CBMM vem mantendo um monitoramento do índice de bário, através de análises de amostras coletadas em poços tubulares e lagos. A neutralização do avanço do cloreto de bário consiste na sua precipitação, através da introdução de solução de sulfato de sódio (Na_2SO_4), tanto no nível subterrâneo, por meio de poços tubulares infiltradores, como no superficial, por meio de gotejamento que, reagindo com o cloreto de bário, resulta em sulfato de bário, que é praticamente insolúvel e se precipita, e cloreto de sódio. Dados fornecidos pela CBMM atestam que o alto índice de bário encontrado nas águas do Barreiro não se deve somente à contaminação industrial, mas há uma participação do carbonatito, rocha matriz do minério de nióbio. Essa rocha é constituída de uma gama de minerais, entre eles o carbonato de bário + magnésio + cálcio. Processos de meteorização da rocha fazem com que o cálcio e o magnésio sejam carreados, havendo uma concentração de bário, que é acrescido ao bário oriundo dos rejeitos industriais, detectado no lençol freático.

A CBMM mantém uma área reservada para criação de animais silvestres em extinção, que são doados aos zoológicos, à medida que os animais são solicitados. Trata-se de animais como lobo guará, ema, veado, paca, anta, macaco, araras e papagaios.

A Arafertil, detentora por arrendamento da jazida de fosfato, iniciou os seus trabalhos em 1972. Entretanto, foi a partir de 1978 que entrou em fase operacional propriamente dita. Localiza-se mais próxima ao Grande Hotel do Barreiro, causando maior impacto visual tanto em relação à cava da mina quanto ao local onde é depositado o estéril (foto 19). Visando suavizar o impacto na paisagem, a Arafertil vem promovendo o plantio de eucaliptos, formando uma verdadeira cortina entre a área do hotel e a mineração. Na área 5, destinada ao depósito do estéril da mina, a empresa faz cobertura vegetal com gramínea, e na área 6, com gramínea e árvores de espécies variadas, visando sua proteção contra os efeitos da erosão, bem como para diminuir o impacto visual.

Os trabalhos de lavra da mina são também realizados a céu aberto, através de bancadas, com grande movimento de terra, ocasionando a retirada da cobertura vegetal e o rebaixamento do nível freático (foto 10). Na tentativa de restabelecer o nível freático e minimizar os danos causados sobre a produtividade das fontes, bem como dos poços tubulares que abastecem a engarrafadora e ao fontanário, a Arafertil construiu barragens para captação da água drenada de suas frentes de lavra, originando os lagos de recarga denominados de "E" e "F" no leito do córrego Cascatinha (fotos 5 e 6). Uma terceira barragem foi recentemente construída no córrego Baritina e denominada neste projeto de barragem "H". Outros aspectos são discutidos nos capítulos de hidrogeologia e hidrologia superficial.

Na área do Complexo do Barreiro, nota-se que houve recuperação substancial da vegetação arbórea, realizada através de reflorestamento, quando se comparam fotografias aéreas da área, realizadas em 1964 e 1986 (figuras 6, 13 e 14).

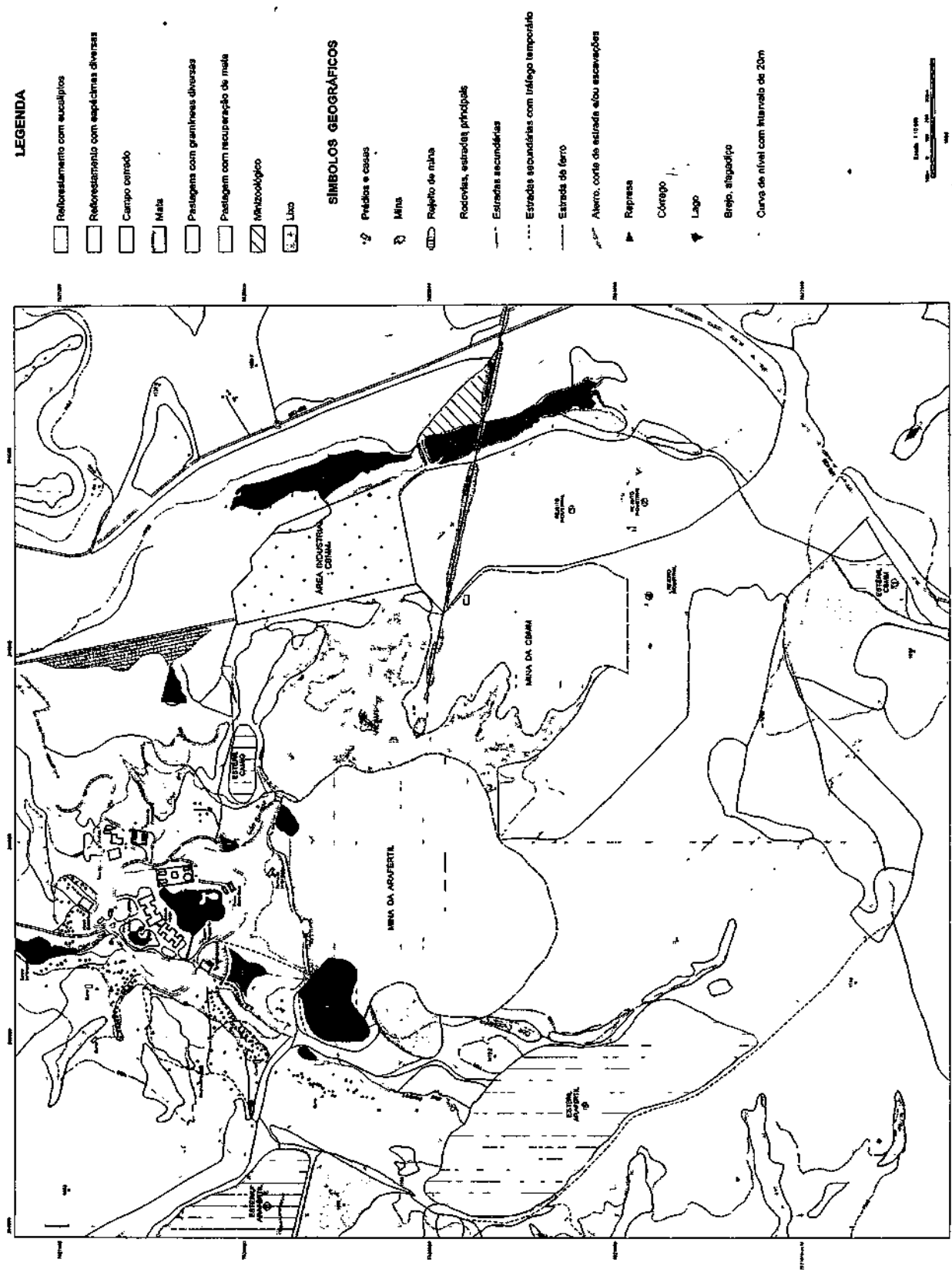


Figura 6 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo

A maior área de reflorestamento é coberta com o plantio de eucalipto e se localiza principalmente em terrenos da CBMM, entre as nascentes dos córregos da Cascatinha e da Mata. Foi plantado também ao longo das rodovias e do anel verde, visando diminuir o impacto visual causado pela mineração (foto 2).

Áreas com cobertura de vegetação de espécimes diversas podem ser vistas, principalmente nas proximidades do Grande Hotel do Barreiro. Os primeiros plantios estão relacionados ao trabalho do paisagista Burle Max, no entorno do Grande Hotel, e ampliados em outras áreas através da implantação do Projeto Pró-Araxá, iniciado em janeiro de 1986, em convênio com as companhias CBMM e Arafertil, resultando no chamado anel verde (fotos 1 e 2).

As evidências de vegetação nativa ficam restritas a pequenas ocorrências de matas compostas de árvores de espécimes diversas e campos cerrados de pequena extensão. A mata mais importante e mais discutida em relação à preservação é conhecida como mata da Cascatinha. É considerada marco histórico e turístico, no âmbito do Complexo do Barreiro, tendo em vista a ocorrência de uma cachoeira, onde, historicamente, Dona Beja costumeiramente tomava os seus banhos (foto 5).

O campo cerrado restringe-se a uma pequena área nas proximidades da mina da CBMM, caracterizado pela presença de árvores e gramíneas típicas de cerrado, bastante espaçadas entre si, e de porte atrofiado, ocupando terrenos com solo litólico.

As pastagens implantadas no perímetro do Barreiro representam um expressivo percentual, geralmente constituídas de gramíneas do tipo braquiária, ocupando grandes porções da área de concessão da CBMM e da bacia do córrego Cascatinha. A presença de currais e chiqueiros, a oeste do Grande Hotel e próximos a poços de extração de água, põem em risco a qualidade da água, pela concentração de matéria orgânica gerada.

A agricultura desenvolvida é praticamente desprezível, sendo realizada unicamente com finalidade de recuperação de pastagens. Portanto, não chegou a ser individualizada no mapa.

A existência de um posto de abastecimento de combustível nas proximidades do Grande Hotel do Barreiro, construído diretamente sobre rocha quartzítica, compromete sobremaneira as águas superficiais e subterrâneas. Deve-se salientar que, na ocorrência de qualquer vazamento, o lençol freático será imediatamente poluído. Todo o esgoto do posto, contendo graxa e óleo, drena diretamente para o canal do córrego Baritina que, a poucos metros abaixo, juntamente com o córrego da Cascatinha, forma o Lago Inferior.

Observa-se, aproximadamente a 500 m a oeste do Grande Hotel, presença de depósito de lixo urbano (lixão) que, num curto espaço de tempo, também irá comprometer a qualidade do aquífero (foto 13).

Capítulo 8

Hidrologia e Qualidade das Águas de Superfície

8.1 - Objetivo Específico

- fornecer uma caracterização climatológica da área;
- apresentar os dados e os levantamentos dos recursos hídricos de superfície;
- avaliar as condições qualitativas das águas de superfície e os níveis de poluição.

8.2 - Metodologia

Para a elaboração dos estudos hidrológicos foi inicialmente realizada uma pesquisa bibliográfica junto a entidades públicas, incluindo o levantamento dos dados hidrometeorológicos básicos disponíveis na região do Barreiro de Araxá. Dentre os órgãos contactados estão o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE e a Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA-MG, que operam estações fluviométricas próximas à área em estudo. O Instituto Nacional de Meteorologia - INMET também foi contactado, pois é o órgão responsável pela estação climatológica de Araxá. Foram ainda consultados os arquivos da Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM, com o objetivo de obter dados relativos às atividades mineradoras da região.

Foram realizadas viagens de reconhecimento com o objetivo de determinar as características físicas das bacias dos córregos que drenam a área, bem como para execução de medições de vazão em pontos selecionados dos córregos.

Os estudos envolveram, inicialmente, a caracterização climática da região, visando quantificar as variáveis hidrometeorológicas relativas às várias etapas do ciclo hidrológico. Em seguida, procedeu-se ao levantamento quantitativo dos recursos hídricos de superfície, bem como à avaliação qualitativa dos cursos d'água que drenam o Barreiro.

8.3 - Caracterização Climática

8.3.1 - Características Meteorológicas

As condições meteorológicas estão relacionadas a mecanismos de escala global sob a influência das principais correntes de circulação atmosférica do Continente Sul-americano. Os padrões de circulação atmosférica definem as características climáticas predominantes durante as duas estações destacadas do ano: o inverno e o verão.

De maio a setembro, há uma diminuição drástica do volume de precipitação. Entretanto, há, paralelamente, uma queda razoavelmente grande do nível de temperatura, em função das penetrações periódicas de massas de ar frio de origem polar. De outubro a abril, a situação inverte-se completamente. Neste período, os totais pluviométricos são muito superiores, e, no verão, as temperaturas são elevadas.

Segundo a classificação de Nimer, E. (1977), a região possui o clima tropical subquente e semi-úmido.

8.3.2 - Parâmetros Climatológicos

Para a avaliação dos parâmetros climatológicos foram utilizadas as séries de dados da estação climatológica de Araxá. Essa estação é operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, está localizada dentro do município de Araxá e se situa nas coordenadas 19°34'S e 46°56'W, a 1.004 m de altitude.

A figura 7 mostra a posição geográfica da estação em relação ao Barreiro.

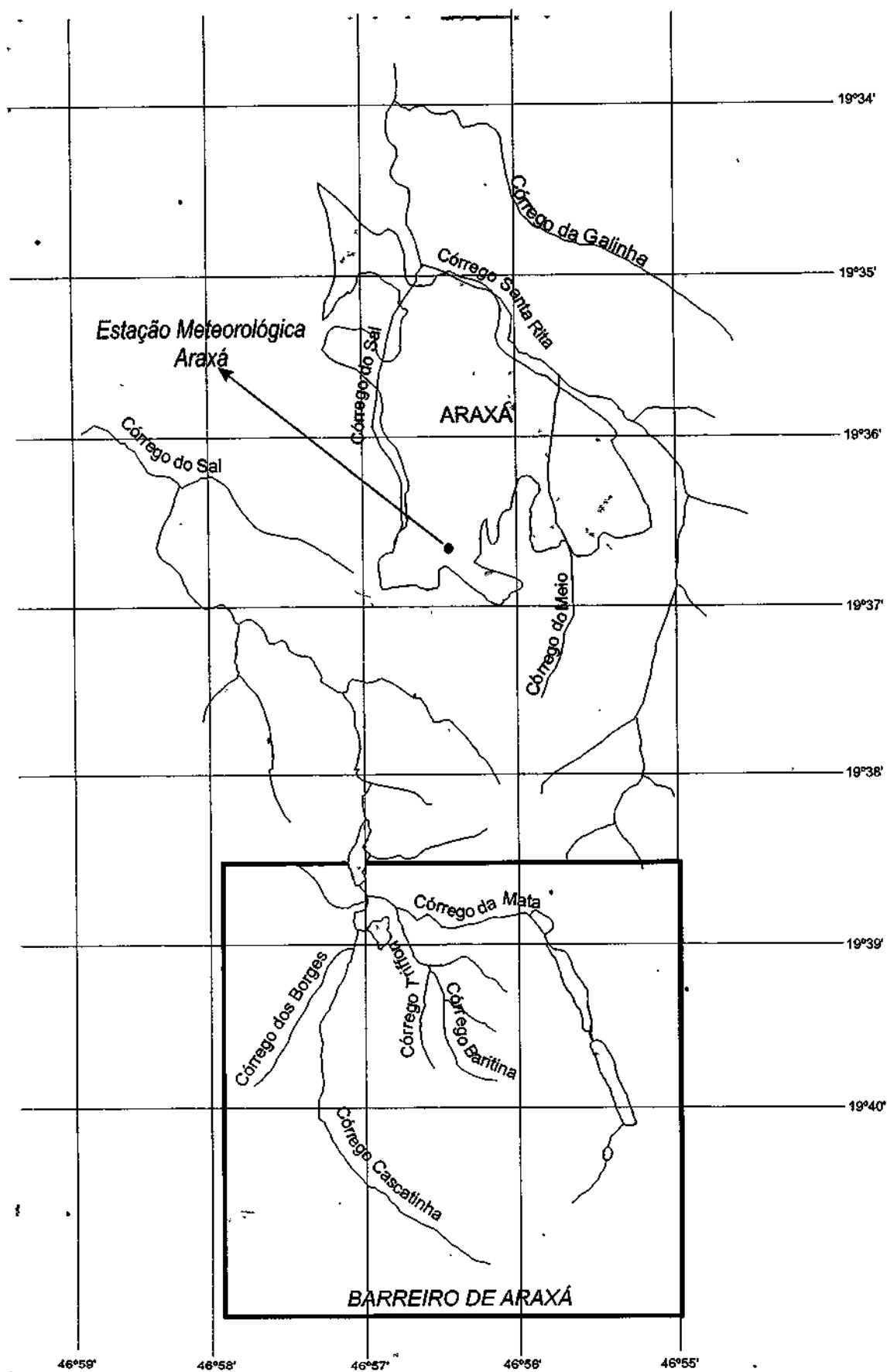


Figura 7 - Estação Meteorológica de Araxá.

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DA ESTAÇÃO DE ARAXÁ - Período: 1972-1996

PARÂMETRO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura média compensada (°C)	21,7	22,0	22,0	20,7	19,2	17,9	17,9	19,7	21,3	21,8	21,6	21,3
Temperatura média das máximas (°C) (2)	27,2	27,9	27,8	26,6	25,3	24,5	24,7	26,8	27,3	28,2	27,3	26,7
Temperatura média das mínimas (°C) (3)	17,8	18,0	17,8	16,3	14,8	13,2	12,8	14,3	15,6	17,1	17,4	17,6
Temperatura máxima absoluta (°C) (4)	34,0	32,6	34,0	31,5	29,7	29,0	29,3	32,8	34,3	35,4	35,0	32,4
Temperatura mínima absoluta (°C) (5)	9,7	10,9	10,5	6,9	2,1	0,5	1,6	4,5	8,1	7,9	7,2	8,6
Umidade relativa média compensada (%) (6)	81,4	81,9	81,1	80,8	78,3	74,6	71,3	67,7	69,1	75,6	80,5	83,5
Evaporação (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Velocidade média dos ventos (m/s) (7)	1,8	1,9	2,0	1,9	2,0	2,0	2,1	2,3	2,3	2,1	1,9	1,9

Fonte: INMET

Quadro 1 - Normais climatológicas.

Obs: Anos excluídos devido a falhas

(1) - 1973;1976;1988;1989;1990;1991 e 1994

(2) - 1973;1988;1989;1990 e 1991

(3) - 1976

(4) - 1973;1988;1989 e 1990

(5) - 1973;1989 e 1990

(6) - 1994

(7) - 1987 e 1994

Os dados fornecidos pelo INMET cobrem o período de 1917 a 1997, sendo que, entre 1960 e 1970, as observações do posto foram interrompidas. Mesmo no período de operação normal do posto existem falhas nas observações de alguns parâmetros.

As séries de dados foram fornecidas com periodicidade mensal (médias ou totais mensais), e submetidas a uma análise preliminar para detecção e correção de erros grosseiros. Não foi feito o preenchimento dos períodos falhos por não existir nenhuma outra estação próxima.

Para o período de 1972 a 1996, foram calculadas as normais climatológicas. No Quadro 1 são apresentados os valores obtidos.

Temperatura

Atualmente, tem sido utilizada a temperatura média compensada para representar os valores médios diários de temperatura. Este parâmetro é calculado a partir da seguinte equação:

$$T = \frac{T_{12} + 2T_{00} + T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}}{5}$$

onde:

$T_{\text{máx}}$ = temperatura máxima registrada;

$T_{\text{mín}}$ = temperatura mínima registrada;

T_{12} e T_{00} = temperatura medida às 12 e às 24 horas GMT (horário de Greenwich). No Brasil, corresponde às temperaturas medidas às 9 e 21 horas.

No período 1972 a 1996, Araxá apresentou temperatura média compensada anual da ordem de 20,6°C. Nos meses mais frios, junho e julho, a média compensada foi de 17,9°C. Nos meses mais quentes, fevereiro e março, o valor calculado foi de 22°C. A amplitude térmica anual foi de 4,1°C, em média. Os histogramas das médias mensais compensadas, média das máximas e média das mínimas são apresentados na figura 8.

Com relação aos valores absolutos observados, a temperatura máxima registrada no período ocorreu em outubro de 1994: 35,4°C. A mínima absoluta, ocorrida em junho de 1979, foi de 0,5°C.

Umidade relativa do ar

Os valores médios diários compensados de umidade relativa do ar são obtidos a partir da seguinte equação:

$$U = \frac{U_{12} + U_{18} + 2U_{00}}{4}$$

onde:

$U_{12,18,00}$ = umidade relativa medida às 12, 18 e 24 horas GMT, correspondendo, no Brasil, às 9, 15 e 21 horas.

Para a estação de Araxá, a umidade relativa média compensada anual no período 1972 a 1996 foi de 77,1%. O mês mais úmido é dezembro, cuja média mensal foi de 83,5%. Em anos muito úmidos, a média nesse mês chegou a atingir valores da ordem de 95%. Os meses mais secos são agosto e setembro, com médias mensais de 67,7 e 69,1%, respectivamente. A figura 9 mostra os valores médios mensais compensados de umidade observados no período.

Evaporação

A estação de Araxá possui dados evaporimétricos medidos no atmômetro tipo Piché e em tanque evaporimétrico Classe A. Observou-se que a evaporação medida no atmômetro difere consideravelmente da que ocorre em superfícies livres de água, solo descoberto ou com cobertura vegetal.

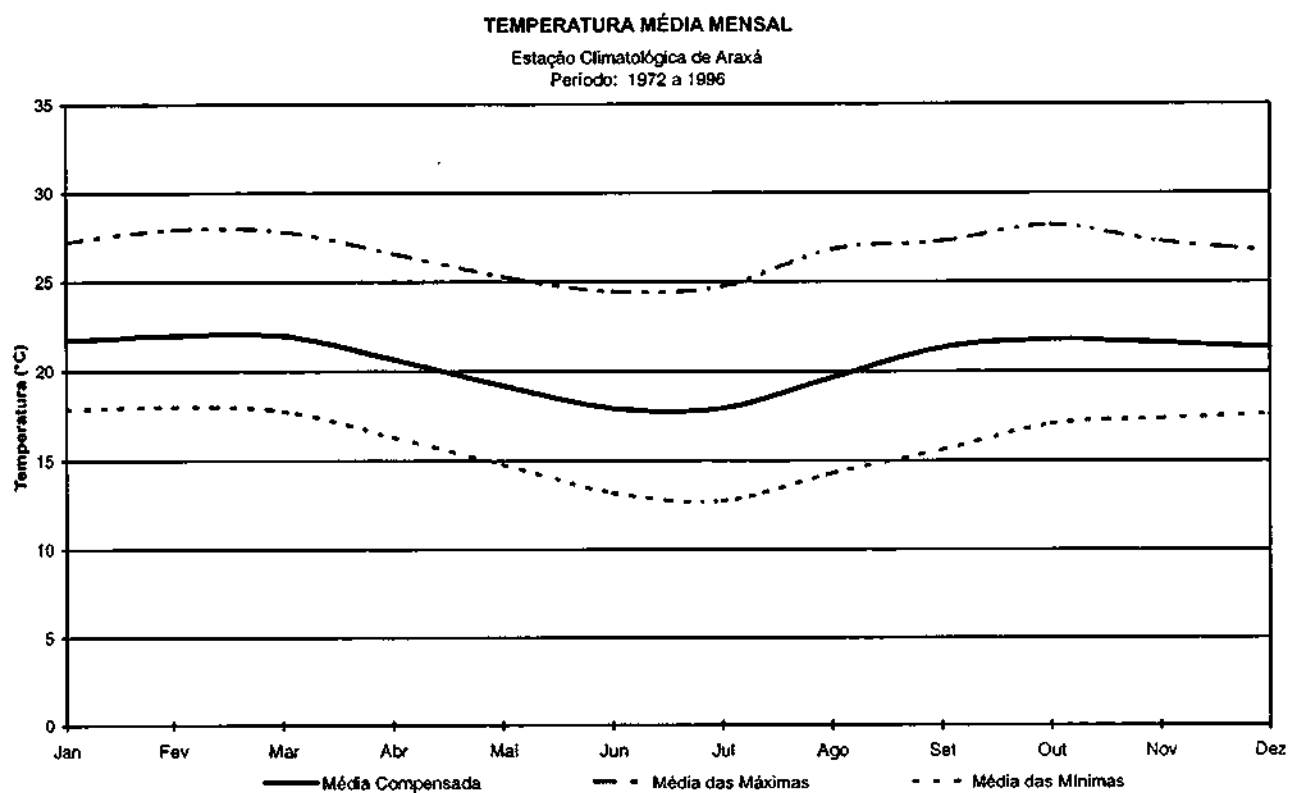


Figura 8 - Médias mensais compensadas, máximas e mínimas.

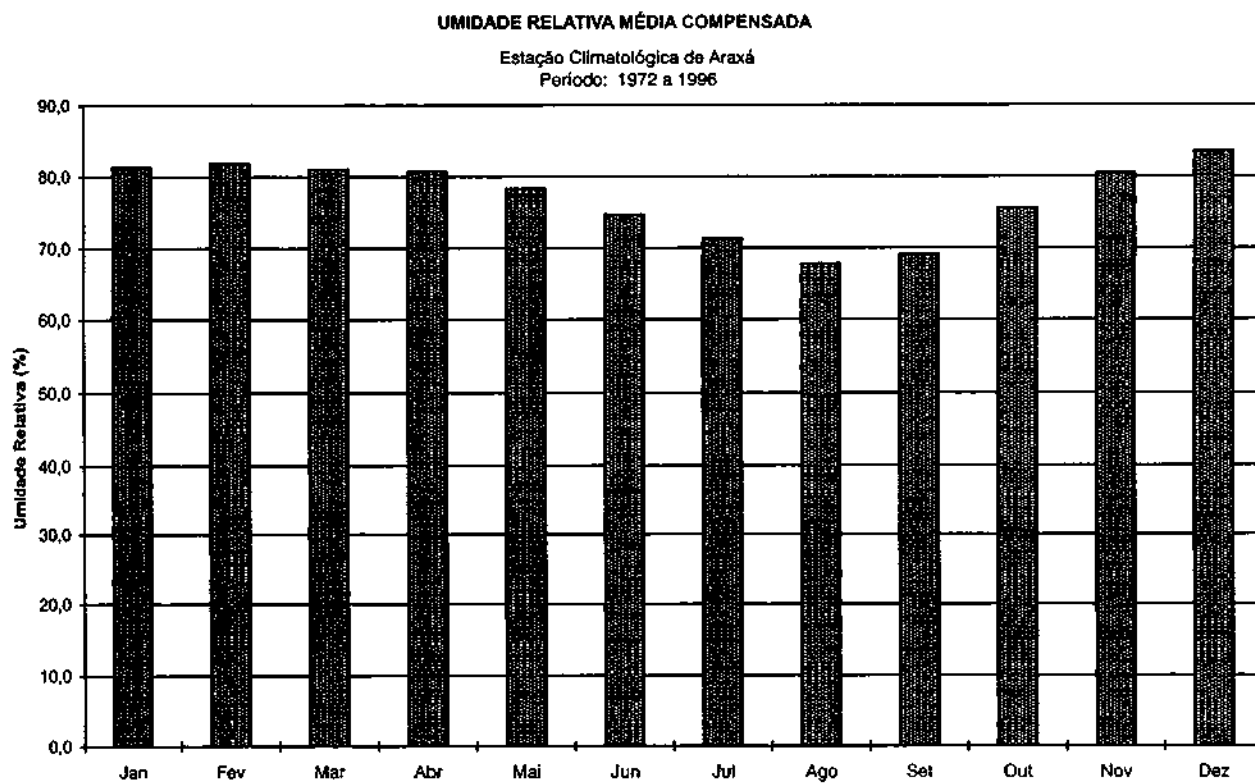


Figura 9 - Valores médios mensais.

Isto ocorre porque o aparelho é instalado dentro do abrigo meteorológico, onde a exposição à radiação solar e aos ventos é prejudicada. Além disso, as condições de umidade e de temperatura no abrigo também são diferentes das que ocorrem no ambiente externo. Devido a essas distorções, optou-se por não utilizar os dados do atmômetro.

Os dados provenientes do tanque evaporimétrico apresentaram problemas, uma vez que ocorreram muitas falhas de leitura no período. O conjunto de dados válidos foi insuficiente para gerar uma série histórica adequada.

Vento

Os dados de vento obtidos para Araxá referem-se ao período 1972 a 1996 (direções e velocidades). Os ventos provenientes de leste predominaram na região durante todos os anos, com 30,4% do total das observações diárias. Seguiram-se em frequência as direções N, NE e SE, representando, respectivamente, 16,6%, 11,5% e 10% do total observado. Os ventos provenientes de oeste (W, NW e SW) ocorreram com menor frequência na área municipal.

Com relação à velocidade dos ventos, a média anual foi de 2,0 m/s para o período estudado. Os maiores valores mensais foram verificados em agosto e setembro, alcançando, em média, 4,7 m/s. Por outro lado, a menor velocidade média mensal, de 1,8 m/s, ocorreu no mês de janeiro. A figura 10 apresenta a rosa dos ventos e a variação das velocidades médias mensais ao longo do ano.

8.3.3 - Precipitação

Os dados pluviométricos da estação de Araxá foram obtidos junto ao INMET. A série abrange o período de 1917 a 1997, sendo que no período de 1960 a 1970 as leituras foram interrompidas. A série histórica que contém os anos completos (sem falhas) perfaz um total de 48 elementos.

O total pluviométrico médio anual para o período estudado de 1972 a 1996 (considerando-se o ano civil) foi de 1.562 mm. O ano mais chuvoso nesse período foi 1983, registrando um total de 2.031 mm. Por outro lado, o menor registro anual ocorreu em 1990, com 1.020 mm. Cabe observar que, devido à quantidade de falhas ocorridas ao longo da série, não foi possível avaliar a seca atípica ocorrida em grande parte da região sudeste no início da década de 1960.

O número médio anual de dias de chuva, para o mesmo período, foi de 124 dias. O máximo ocorreu em 1983, de 160 dias de chuva; já o mínimo, ocorrido em 1990, foi de 104 dias.

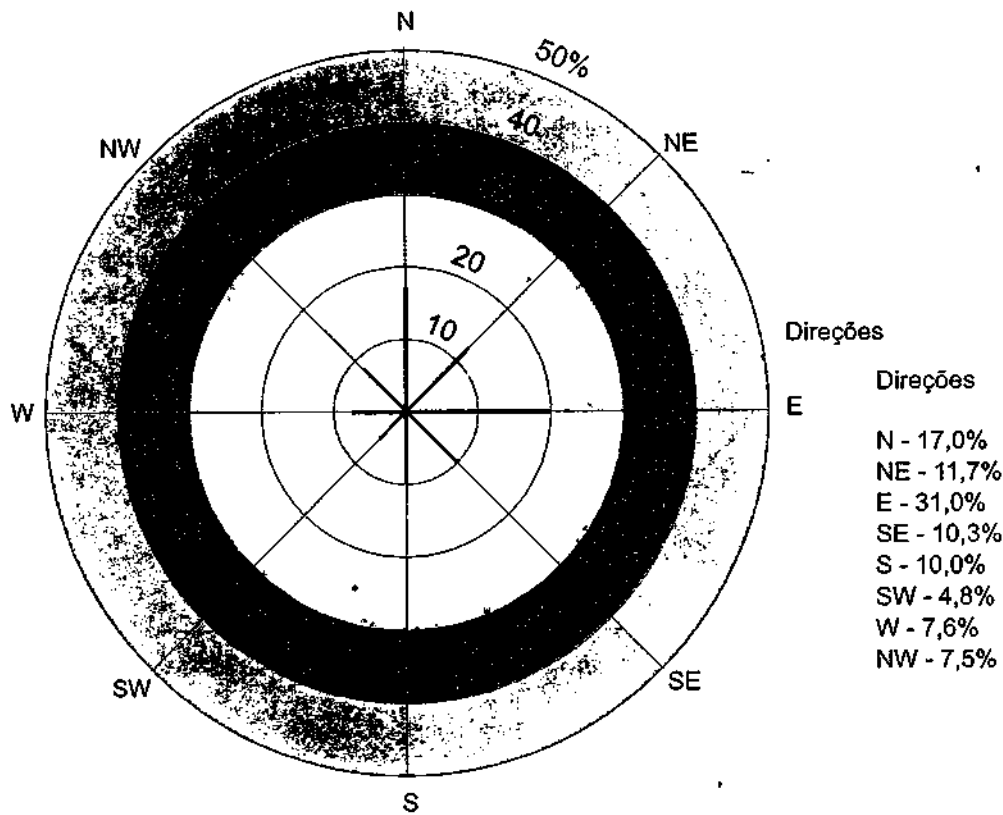
Quanto à distribuição anual das precipitações, Araxá possui regime pluviométrico tipicamente tropical, uma vez que ocorre uma grande concentração pluviométrica no verão e seca no inverno. O trimestre mais chuvoso, correspondente aos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, apresentou precipitação total de 784 mm, contribuindo, em média, com cerca de 50% do total anual precipitado. Já o período seco se estende normalmente por 5 meses, de maio a setembro, representando menos de 10% das chuvas anuais. A Figura 11 apresenta os histogramas das precipitações médias mensais e do número médio de dias de chuva.

8.3.4 - Evapotranspiração Potencial

A evapotranspiração é entendida como a perda de água por evaporação do solo acrescida à que é transpirada pelas plantas.

A evapotranspiração real é a que ocorre em condições reais de umidade do solo e cobertura vegetal. Calculá-la é uma tarefa difícil, uma vez que a evapotranspiração real envolve processos complexos e extremamente dinâmicos, relacionados inclusive com organismos vivos, processos estes de difícil quantificação. Uma alternativa usualmente adotada para resolver este problema é a determinação da evapotranspiração potencial ou de referência, isto é, da que ocorreria se houvesse sempre água disponível na superfície vegetada e no solo. Sua estimativa pode ser obtida

Frequência Relativa das Direções do Vento
Estação: Araxá
(Período - 1972/1996)



VELOCIDADE MÉDIA DOS VENTOS
Estação Climatológica de Araxá
Período: 1972 a 1996

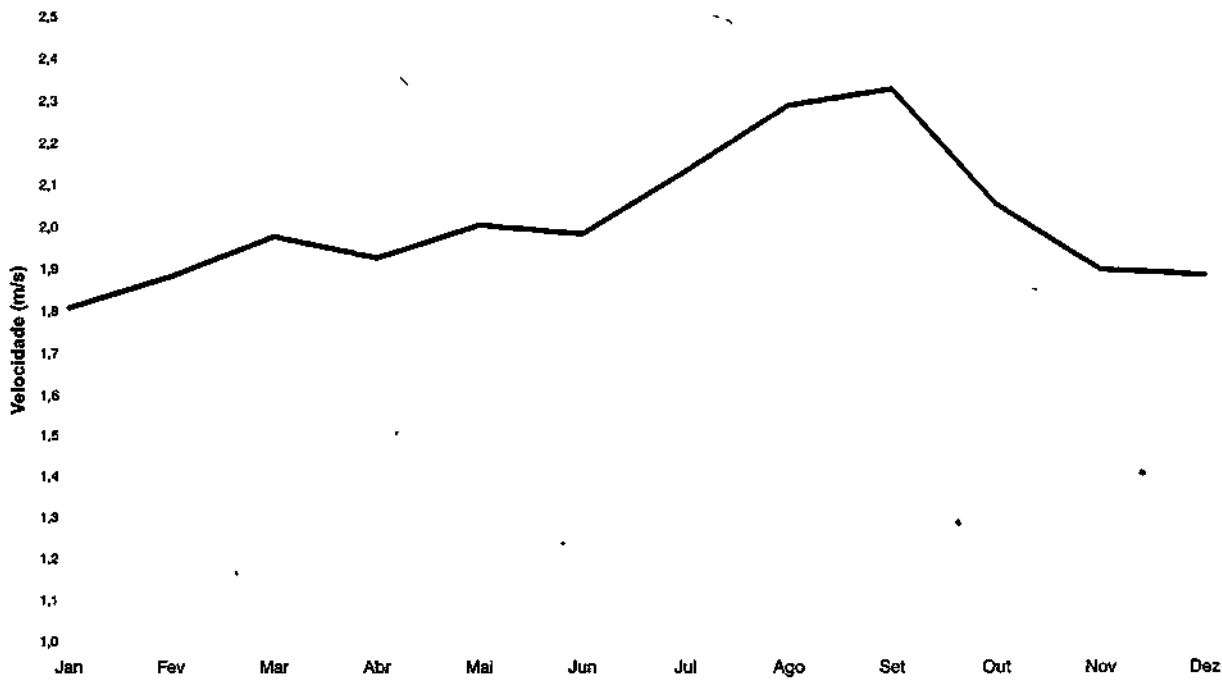
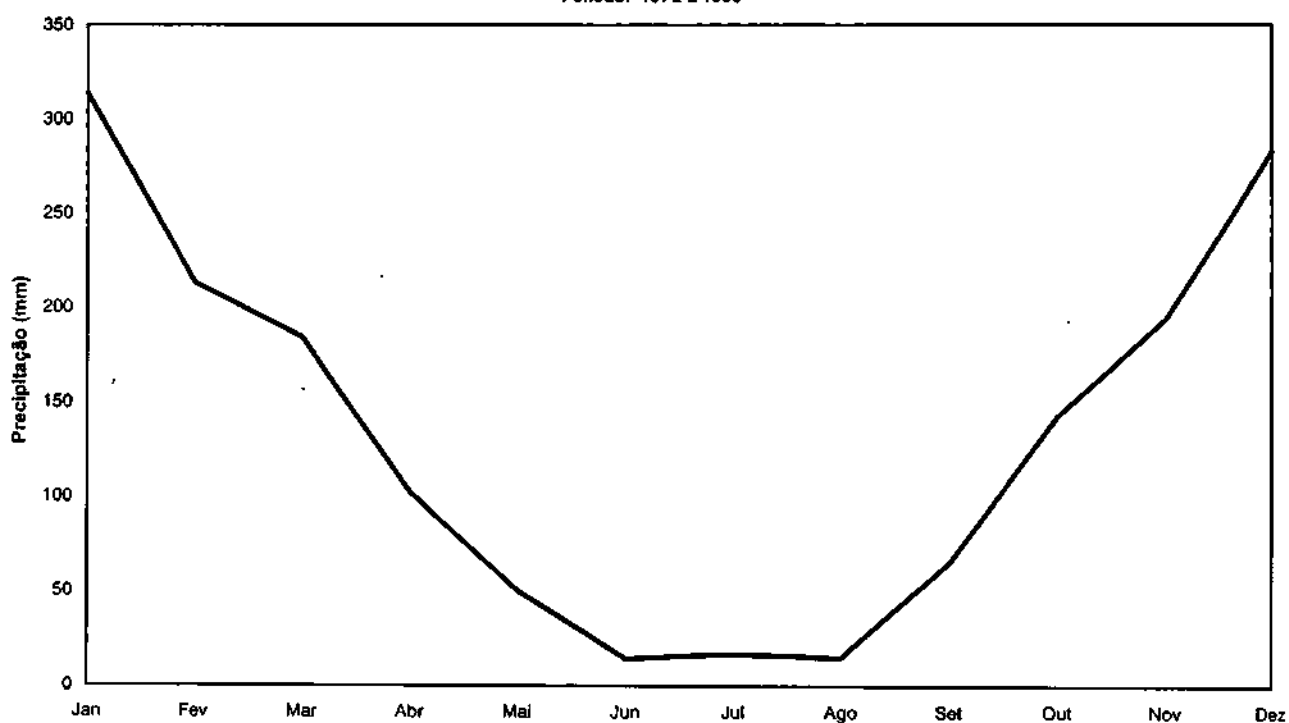


Figura 10 - Direções e velocidade dos ventos.

TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS ANUAIS

Estação Climatológica de Araxá
Período: 1972 a 1996



NÚMERO DE DIAS DE CHUVA

Estação Climatológica de Araxá
Período: 1972 a 1996

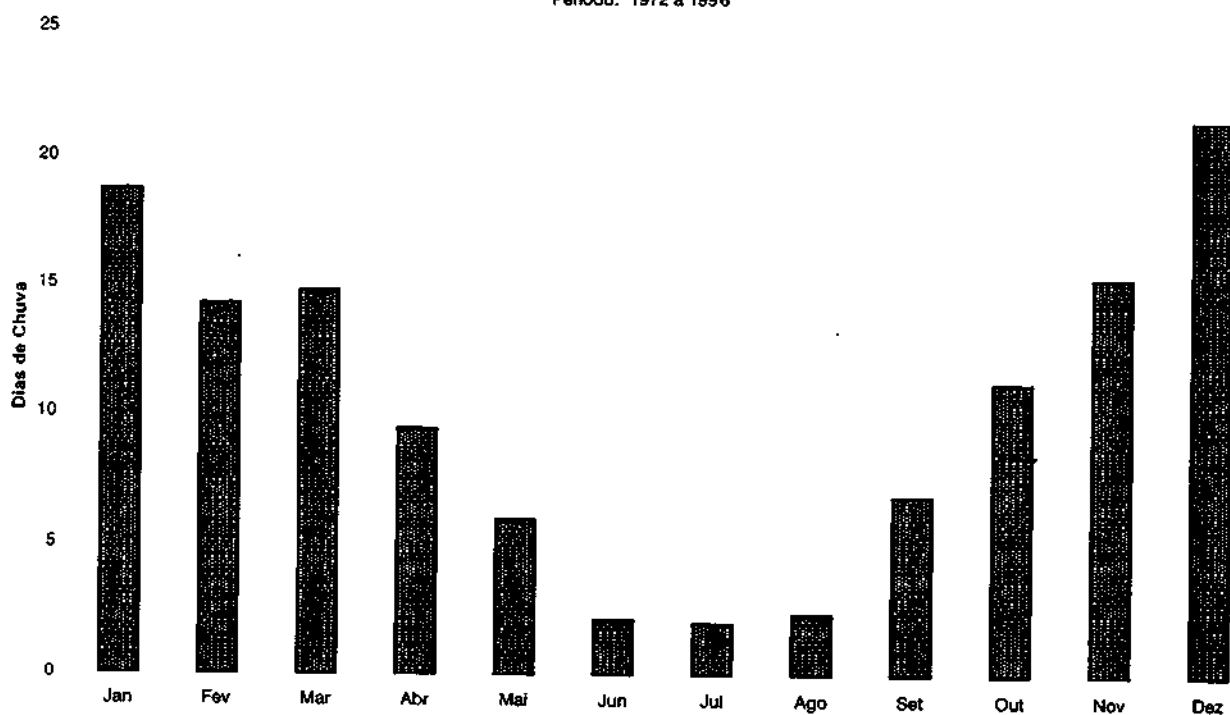


Figura 11 - Precipitações médias mensais e número médio de dias de chuva.

indiretamente a partir de modelos empíricos ou semi-empíricos, baseados em leis físicas relacionadas com os parâmetros meteorológicos intervenientes.

Uma vez que se dispõe de dados de temperatura para a estação de Araxá, foi realizada a avaliação da evapotranspiração potencial através da metodologia desenvolvida por Thornthwaite.

Thornthwaite (1948, in Villa Nova e Reichardt, 1989), a partir de estudos de correlação entre os dados de evapotranspiração medida e de temperatura do ar, elaborou a seguinte expressão empírica para o cálculo da evapotranspiração mensal:

$$ET_0 = b(T_m)^a$$

onde:

ET_0 = evapotranspiração potencial (mm/mês);

b = fator de ajuste do comprimento do dia: $b = N/12$, onde N é o fotoperíodo, função do mês e da latitude do local;

T_m = temperatura média mensal (°C);

a é uma função do índice de calor I , dada por:

$$a = 67,5 \times 10^{-6} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 0,01792 I + 0,492$$

onde:

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_m}{5} \right)^{1,91}$$

Para Araxá, obtiveram-se os seguintes resultados, a partir dos dados relativos ao período 1972 a 1996.

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
T_m °C	21,7	22,0	22,0	20,7	19,2	17,9	17,9	19,7	21,3	21,8	21,6	21,3
Et_0 (mm)	100,3	90,0	94,5	76,5	63,7	53,2	55,3	68,9	84,2	95,6	95,0	96,5

A evapotranspiração total anual é 973,7 mm.

Na estimativa da evapotranspiração, foram utilizados os dados compensados de temperatura média mensal e anual.

8.4. Hidrologia Superficial

8.4.1 - Hidrografia

A rede de drenagem da área de influência do Barreiro de Araxá é comandada pelo rio Capivara. Ele nasce na Serra da Bocaina e termina na confluência com o rio Quebra Anzol.

O rio Capivara tem entre os seus tributários o ribeirão Tamanduá e o córrego do Sal. Os cursos que drenam a Estância do Barreiro são o córrego da Mata, o córrego Cascatinha e o córrego Baritina, que são afluentes do córrego do Sal. Este tem um curso de escoamento rápido, que funciona como receptor de esgotos da área do Barreiro.

A figura 12 mostra parte da bacia do rio Capivara e os cursos que drenam o município e a Estância do Barreiro de Araxá.

As sub-bacias do rio Capivara que estão sob influência direta das operações minero-industriais realizadas pela CBMM e Arafertil são:

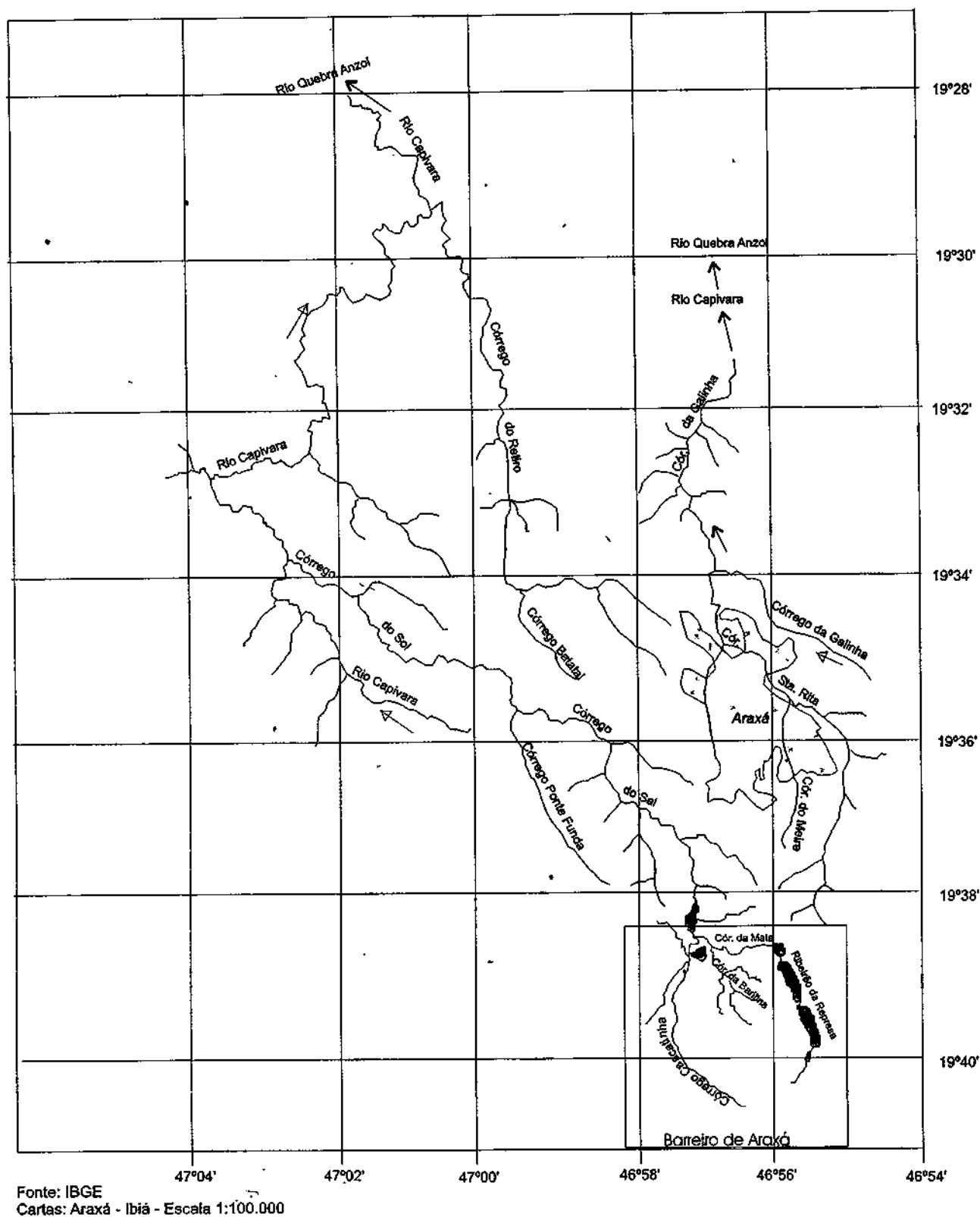


Figura 12 - Bacia do Rio Capivara.

- Sub-bacia do Barreiro:

Córrego da Mata (diretamente pela CBMM- Área Industrial I);
Córrego Baritina (diretamente pela CBMM e Arafertil);
Córrego Cascatinha (diretamente pela Arafertil);
Córrego do Sal (indiretamente).

- Sub-bacia do Ribeirão Pirapetinga (parte):

Córrego Santa Luzia e Ribeirão Pirapetinga (diretamente pela CBMM - Área Industrial II);
Ribeirão Tamanduá (indiretamente).

Neste trabalho será abordada somente a sub-bacia do Barreiro. As figuras 13 e 14 mostram as fotos aéreas com a visão do Grande Hotel de Araxá e dos córregos Cascatinha, Baritina e da Mata tiradas em 1964 e 1986, respectivamente. Observam-se as alterações sofridas pelos córregos, ao longo de seus cursos, no decorrer deste período, devido às atividades mineradoras.

8.4.1.1- Características Hidrográficas e Ambientais da Sub-Bacia do Barreiro

Córrego da Mata

O Córrego da Mata é o curso d'água que drena a Área Industrial I da CBMM. Neste córrego foram construídas as barragens de contenção de rejeitos e de abastecimento de água denominadas B2, B3 e B4. Ainda no Córrego da Mata, a jusante da barragem B4, está implantada uma barragem denominada D.

A figura 15 mostra o percurso do córrego e as barragens de contenção de rejeitos e de abastecimento de água.

O Córrego da Mata é afluente do Córrego da Baritina. O seu percurso atual e o local da confluência com o Córrego Baritina fazem com que ele não tenha influência direta na área do Complexo Geológico do Barreiro.

Córrego Baritina

A bacia do córrego é ramificada e curta. A área de drenagem é de aproximadamente 4,64 km². O seu leito natural foi alterado com a construção de estruturas hidráulicas ao longo do curso.

As estruturas existentes no Córrego da Baritina e no seu pequeno afluente da margem direita são barragens que foram construídas com o objetivo de conter sólidos provenientes da área da mina da CBMM (barragens BM1 e BM2). Além da BM1, existem no Córrego da Baritina a barragem A e as barragens de gabiões (barragens B1, B2, B3, B4 e B5) localizadas próximo ao Parque das Águas. A barragem A foi construída no período de 7 a 8/1985 e as barragens de gabiões no período de 6/1986 a 5/1987.

As barragens vertem o ano inteiro, inclusive no período de estiagem.

Atualmente, o curso natural do córrego Trifon, afluente da margem esquerda do córrego Baritina, teve seu curso desviado pelas atividades de mineração da Arafertil, sendo deslocado diretamente para o córrego Baritina.

A figura 15 mostra o percurso do córrego e as barragens de contenção de sólidos.

O córrego da Baritina tem influência direta na área do Complexo do Barreiro.



Figura 13 - Foto aérea de 1964 da área do Barreiro.



Figura 14 - Foto aérea de 1986 da área do Barreiro.

Córrego da Cascatinha

A bacia do córrego é estreita e longa. A área de drenagem é de aproximadamente 5,82 km². A seção mais íngreme do córrego é a que passa dentro da Mata da Cascatinha com gradiente de até 428 m/km. A jusante da mata foram construídas as barragens E e F. A montante da mata o curso foi bastante alterado, devido às atividades de mineração da Arafertil (foto 15).

As barragens "E" e "F" foram construídas com o objetivo de atender ao convênio PRÓ-ARAXÁ, para a manutenção do nível freático, a jusante da mina, visando manter a vazão da fonte Dona Beja. Atualmente, as barragens "F" e "E" funcionam como receptores dos drenos da mina da Arafertil e do córrego dos Borges (afluente da margem esquerda, que foi desviado - ver figura 15). O lençol freático é interceptado pelo corte da mina, sendo a água canalizada para o lago "F" e a seguir para o lago "E" (fotos 5 e 6).

No ponto H (figura 15) observou-se, ainda, a existência de uma pequena barragem construída aparentemente para desviar o curso do córrego (foto 17).

Ao longo do trecho percorrido, todas as barragens vertem o ano inteiro, inclusive no período de estiagem.

8.4.2 - Avaliação das Disponibilidades Hídricas de Superfície

Os córregos Cascatinha e Baritina têm influência direta na área do Barreiro. Tendo em vista a ausência da série histórica dos dados básicos (cotas limimétricas e medições de descarga) dos córregos citados, necessitou-se adotar um enfoque regional para a avaliação quantitativa das disponibilidades hídricas.

A figura 16 mostra a situação da bacia do rio Capivara em relação às bacias mais próximas adjacentes consideradas neste trabalho: a do rio Dourados e a do rio Bagagem.

A figura nº 17 mostra a sub-bacia do Barreiro e os córregos das sub-bacias adjacentes.

8.4.2.1 - Levantamento dos Dados

Para o desenvolvimento de uma série de dados para um período representativo de maior extensão, no local de interesse, visou-se transferir as informações existentes das bacias vizinhas. A metodologia utilizada para a transferência será discutida no item 8.4.2.3.

Foram levantados os seguintes dados fluviométricos:

Para os córregos pertencentes às sub-bacias próximas e com a mesma tipologia (Souza, 1993) da sub-bacia do Barreiro, foi solicitada à COPASA-MG a série de cotas médias diárias e o resumo de medições de descarga. Os locais onde se coletaram as informações foram:

- Córrego Feio;
- Córrego Areia;
- Córrego Fundo;
- Córrego Retiro; e
- Córrego da Máquina, em Perdizes.

A localização dessas estações está apresentada na figura 16.

Na bacia do Alto Paranaíba foram selecionadas as estações pertencentes à rede hidrométrica do DNAEE que têm área inferior a 100 km² e com a tipologia mais semelhante à sub-bacia do Barreiro. São elas:

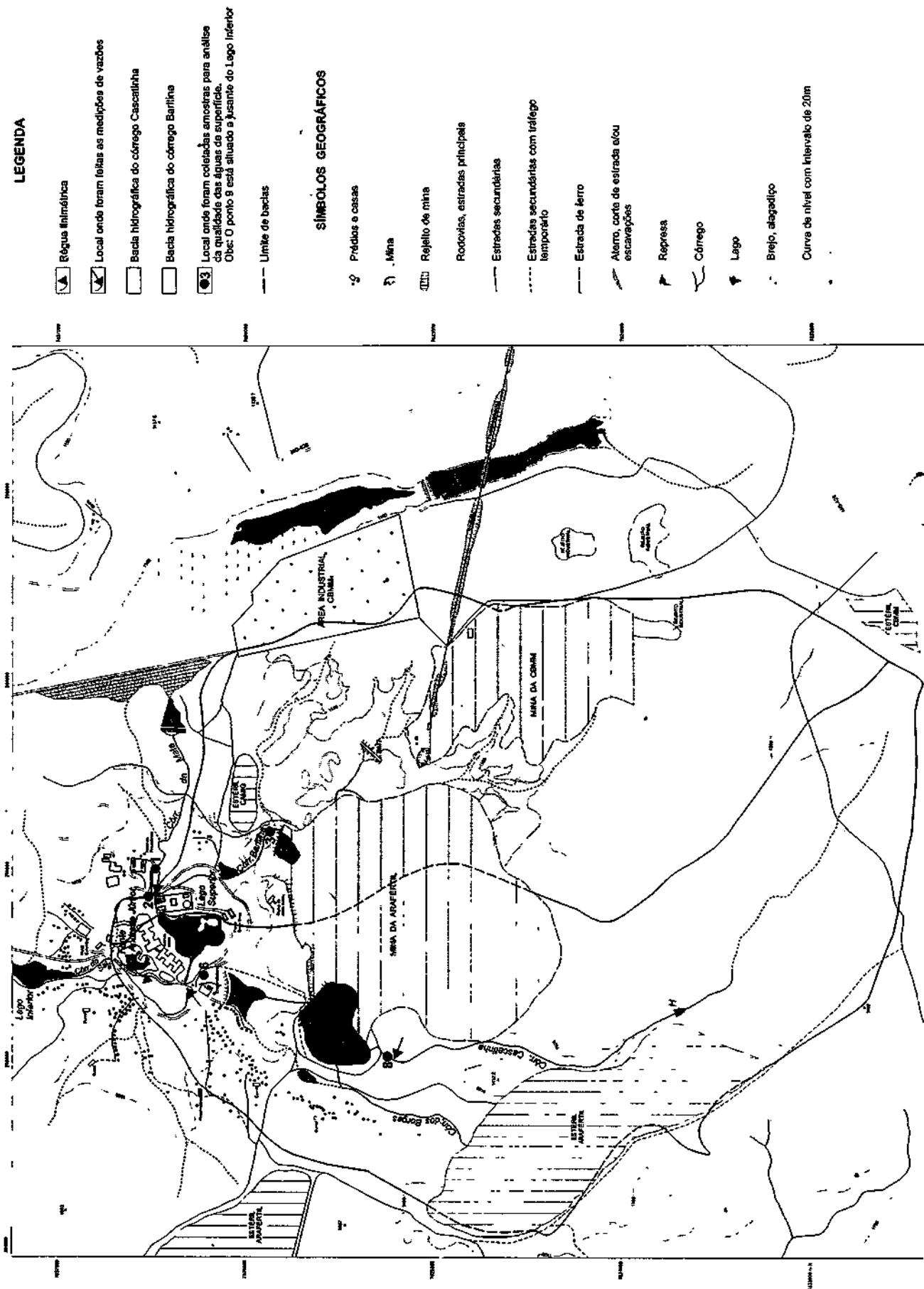


Figura 15 - Mapa Hidrológico.

Charqueada do Patrocínio, código 60100000, localizada no rio Dourados, com área de drenagem de 69 km² e operada a partir de 1952.

Iraí de Minas, código 60145000, localizada no rio Bagagem, com área de drenagem de 82 km² e operada a partir de 1952.

A localização dessas estações está apresentada na figura 16.

8.4.2.2 - Análise dos Dados Fluviométricos

Os postos da rede hidrométrica da COPASA têm por objetivo controlar o regime dos cursos d'água onde são feitas as captações de água. A série de cotas dos postos analisados situados nos córregos Feio, Areia, Fundo e Retiro encontram-se com falhas, sendo que em alguns casos as leituras são feitas apenas uma ou duas vezes por semana. O posto situado no córrego da Máquina, em Perdigões, foi descartado pelo fato de estar a régua linimétrica situada dentro do reservatório da barragem de captação, de modo que as leituras abaixo da crista do vertedouro foram abandonadas.

A análise dos dados de medições de descarga dos postos citados indicou uma variação expressiva na relação cota x descarga. Estas dispersões dos pontos plotados devem-se, evidentemente, às alterações no comportamento fluvial no local, decorrentes de sedimentos no leito, causando sensíveis variações em todos os parâmetros técnicos: cota, descarga, área, velocidade média, profundidade, etc. A estação situada no córrego Retiro apresentou a melhor relação cota x descarga e foi considerada a melhor base para a transferência das informações para a sub-bacia do Barreiro.

Os postos do DNAEE apresentaram a série de cotas médias diárias mais extensas (1952 a 1996) e com menos falhas.

O posto fluviométrico de Charqueada do Patrocínio foi descartado, pois a análise dos dados de medições de descarga correspondentes ao período de operação (274 medições de descarga) indicou uma variação expressiva na relação cota x descarga. Estas dispersões devem-se também às alterações no comportamento fluvial do local.

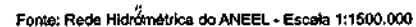
O posto fluviométrico de Iraí de Minas apresentou a melhor série de dados fluviométricos. No período completo de operação, foram feitas 251 medições de descarga. A relação cota x descarga mostrou-se mais estável do que o posto Charqueada do Patrocínio, embora tenham sido evidenciados alguns períodos com variação do "datum" das réguas e do comportamento fluvial do leito (decorrentes de sedimentos). Estas alterações levaram à definição de nove curvas-chave. A partir destas curvas-chave foi produzida uma série de vazões médias diárias que abrange o período de 1952 a 1996, com poucas falhas.

O Quadro 2, a seguir, mostra o grau de aproximação entre as medições de descarga e os valores obtidos na série para os dias correspondentes ao período de operação. O valor médio do período obtido evidencia que as curvas ajustam-se bem aos valores obtidos nos dias das medições de descarga. Cumpre observar que são perfeitamente compreensíveis os desvios maiores encontrados nos dias de descargas mais expressivas.

8.4.2.3 - Definição da série histórica

Após a análise de todos os dados disponíveis, chegou-se à conclusão de que os dados dos postos fluviométricos Iraí de Minas (DNAEE) e Retiro (COPASA-MG) eram a melhor base de dados aceitável para o presente estudo.

Para a transferência de vazões entre as bacias, utilizou-se a metodologia desenvolvida por Riggs, *snt*. A partir da correlação entre as medições de descarga do posto Retiro e as vazões do posto Iraí de Minas simultâneas, ou seja, ocorridas no mesmo dia, definiu-se uma equação de transferência.



Data	Medições de vazão	Vazões calculadas	Relação
12/10/52	0,782	0,735	1,06
22/05/53	0,622	0,55	1,13
04/04/54	1,64	1,7	0,96
26/08/54	0,2545	0,43	0,59
22/03/55	1,75	1,65	1,06
15/06/55	0,7395	0,77	0,96
21/08/55	0,46775	0,49	0,95
18/12/55	7,74	8,39	0,92
12/09/56	0,9855	0,705	1,40
16/05/57	3,705	3,3	1,12
10/07/57	1,635	1,55	1,05
01/03/58	3,84	4,08	0,94
19/05/58	1,705	1,65	1,03
21/05/59	1,065	1,18	0,90
20/06/59	1,17	1,02	1,15
18/08/59	0,746	0,861	0,87
09/03/60	1,42	1,95	0,73
17/05/60	1,019	1,35	0,75
17/08/60	0,6995	0,805	0,87
24/01/61	1,92	1,85	1,04
22/04/61	1,73	1,65	1,05
23/03/62	3,66	3,15	1,16
23/05/62	1,04	0,68	1,53
27/02/64	1,63	1,62	1,01
09/09/64	0,346	0,634	0,55
06/07/65	1,295	1,46	0,89
09/08/65	2,48	2,55	0,97
23/11/65	2,495	2,72	0,92
10/01/66	13,5	13,7	0,99
20/06/66	1,65	1,55	1,06
26/07/66	1,33	1,31	1,02
12/08/66	1,24	1,19	1,04
22/09/66	1,19	1,17	1,02
27/10/66	1,12	1,13	0,99
09/11/66	1,45	1,49	0,97
22/11/66	2,45	2,33	1,05
09/12/66	1,16	1,17	0,99
21/03/67	3,725	3,92	0,95
21/04/67	2,2	2,18	1,01
24/06/67	1,495	1,5	1,00
15/07/67	1,36	1,36	1,00
12/08/67	1,155	1,19	0,97
16/09/67	1,115	0,94	1,19
19/10/67	0,8205	0,724	1,13
16/12/67	2,32	2,4	0,97
21/02/68	2,65	2,89	0,92
04/07/68	0,899	1	0,90
02/10/68	0,685	0,532	1,29
30/10/68	0,8125	0,647	1,26

Data	Medições de vazão	Vazões calculadas	Relação
13/05/69	0,5525	0,555	1,00
15/07/69	0,3765	0,44	0,86
07/08/69	0,327	0,374	0,87
09/09/69	0,216	0,22	0,98
08/10/69	0,3155	0,352	0,90
19/11/69	1,86	1,73	1,08
18/12/69	2,86	2,78	1,03
18/02/70	2,23	2,21	1,01
09/11/70	1,235	1,18	1,05
01/12/70	1,29	1,1	1,17
25/06/71	0,535	0,396	1,35
25/08/72	0,3795	0,542	0,70
16/10/72	1,42	1,45	0,98
22/01/73	2,1	1,91	1,10
13/02/73	3,275	3,25	1,01
18/03/73	3,085	3,12	0,99
17/04/73	3,34	3,48	0,96
24/06/73	1,42	1,4	1,01
18/08/73	1,04	1,18	0,88
17/01/74	2,07	1,91	1,08
07/02/74	1,53	1,43	1,07
11/03/74	2,83	2,69	1,05
06/04/74	1,755	1,69	1,04
05/06/74	1,7	1,73	0,98
13/09/74	0,845	0,8	1,06
09/10/74	0,96	0,92	1,04
18/12/74	2,01	1,7	1,18
26/12/74	4,68	4,7	1,00
18/01/75	1,37	1,35	1,01
14/02/75	1,32	1,35	0,98
15/03/75	0,88	1,04	0,85
20/03/75	1,15	1,08	1,06
22/05/75	0,859	0,96	0,89
18/06/75	0,717	0,88	0,81
20/08/75	0,487	0,724	0,67
17/01/76	1,22	1,2	1,02
23/01/76	0,987	1	0,99
12/02/76	0,976	0,88	1,11
14/03/76	0,946	0,96	0,99
10/04/76	0,805	0,724	1,11
14/06/76	0,667	0,61	1,09
12/08/76	0,421	0,324	1,30
21/10/76	0,54	0,496	1,09
08/12/76	0,955	0,88	1,09
14/01/77	0,69	0,648	1,06
21/02/77	0,777	0,61	1,27
12/04/77	1,38	1,39	0,99
10/06/77	0,791	0,71	1,11
12/08/77	0,228	0,332	0,69

Quadro 2 - Relação entre as vazões medidas e calculadas.

Quadro 2 - Relação entre as vazões medidas e calculadas (continuação).

Data	Medições de vazão	Vazões calculadas	Relação
13/10/77	0,514	0,356	1,44
08/12/77	1,71	1,47	1,16
11/01/78	2,17	1,96	1,11
12/03/78	1,58	1,82	0,87
10/05/78	1,08	1,26	0,86
15/07/78	1,07	1,04	1,03
09/09/78	0,914	1,07	0,85
08/11/78	0,778	0,834	0,93
12/01/79	2,63	3,44	0,76
13/03/79	3,17	4,18	0,76
12/05/79	1,41	2	0,71
12/07/79	1,26	1,64	0,77
21/09/79	1,26	1,22	1,03
16/11/79	1,33	1,39	0,96
11/01/80	2,39	2,69	0,89
12/03/80	1,48	1,51	0,98
10/07/80	1,02	0,902	1,13
12/11/80	1,78	1,73	1,03
17/01/81	3,35	4	0,84
21/03/81	3,13	3,6	0,87
10/05/81	1,21	1,07	1,13
10/09/81	1,07	0,94	1,14
07/11/81	1,89	1,75	1,08
21/01/82	9,43	9,87	0,96
18/03/82	3,69	4,33	0,85
17/05/82	2,24	2,35	0,95
06/11/82	1,28	1,35	0,95
13/01/83	6,91	7	0,99
12/03/83	3,43	3,06	1,12
16/05/83	2,44	2,35	1,04
12/07/83	1,88	2,1	0,90
16/02/84	2,6	2,46	1,06
10/04/84	1,9	2,1	0,90
12/06/84	1,2	1,21	0,99
07/08/84	0,971	0,926	1,05
16/10/84	1,02	0,862	1,18
10/02/85	2,65	2,67	0,99
15/04/85	2,1	2,14	0,98
17/06/85	1,37	1,36	1,01
11/08/85	1,07	1,07	1,00
12/10/85	1,62	1,65	0,98
19/02/86	2,42	2,61	0,93
16/04/86	1,34	1,25	1,07
17/06/86	0,827	0,998	0,83
12/08/86	0,757	0,862	0,88
20/10/86	0,461	0,585	0,79
19/06/87	1,3	1,29	1,01
18/08/87	1,22	1,03	1,18
25/10/87	1,81	1,65	1,10

Data	Médioes de vazão	Vazões calculadas	Relação
19/01/88	1,78	1,79	0,99
17/03/88	1,95	2,05	0,95
21/07/88	1,2	1,18	1,02
21/09/88	0,745	0,644	1,16
20/02/89	1,79	1,72	1,04
19/04/89	1,31	1,36	0,96
19/06/89	1,06	1,14	0,93
23/08/89	0,941	0,96	0,98
21/08/92	2	1,49	1,34
03/12/92	4,06	4,09	0,99
04/06/93	2,3	2,32	0,99
22/08/93	1,43	1,49	0,96
08/10/94	1,53	0,998	1,53
08/03/95	1,61	1,65	0,98
01/06/95	1,73	1,79	0,97
11/09/95	0,437	0,535	0,82
15/11/95	1,1	0,926	1,19
17/01/96	2,13	1,74	1,22
03/05/96	0,759	0,806	0,94
30/07/96	0,27	0,294	0,92
20/11/96	2,05	1,57	1,31
Média			0,99

Com base nesta equação, a média das vazões médias mensais para o período de dados disponíveis foi transferida para o posto Retiro.

A figura 18 mostra a correlação entre os postos Iraí de Minas e Retiro.

O Quadro 3 mostra as vazões médias do posto Iraí de Minas, a equação de transferência e as vazões resultantes em Retiro.

Durante a operação do posto Retiro não foi feita nenhuma medição de descarga nos córregos que drenam a região do Barreiro. Assim, o único recurso disponível é a transferência entre as sub-bacias com base nas respectivas áreas de drenagem.

Para transferir as vazões de Retiro para a região do Barreiro, utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{Vazão afluente na região do Barreiro} = \text{Vazão Posto Retiro} \times \frac{\text{AD(BA)}}{\text{AD(Retiro)}}$$

onde:

AD(BA) = Área de drenagem do Barreiro de Araxá = Somatório das áreas de drenagem dos córregos Cascatinha e Baritina = 10,4 km².

AD(Retiro) = Área de drenagem do Posto Retiro = 13,8 km².

O Quadro 4 mostra as vazões específicas mensais (preliminares) resultantes da região do Barreiro.

8.4.3 - Levantamento de Campo

Nesta etapa do trabalho, foram instaladas réguas linimétricas no córrego Baritina e na saída do Lago Superior. No córrego Cascatinha não se instalaram as réguas, pois a altura da lâmina d'água é muito pequena, inviabilizando as leituras. Foram feitas medições em dois pontos do córrego Cascatinha e em um ponto no córrego Baritina (foto 16).

A figura 15 mostra os locais onde foram instaladas as réguas linimétricas e os pontos onde foram feitas as medições de vazão. O Quadro 5 apresenta os valores das vazões medidas.

8.4.4 - Recomendações

O método utilizado para a estimativa da vazão específica mensal na região do Barreiro de Araxá não apresenta grande precisão. Recomendamos que se prossiga com a campanha de medições de vazão e leituras das réguas linimétricas nos próximos anos. Só com, pelo menos, dois anos de campanha, é possível gerar uma série de vazões confiável.

Cabe ressaltar que os resultados obtidos nas campanhas de medição de vazão dos córregos Cascatinha e Baritina, realizadas durante este trabalho, apresentaram algumas incoerências. O córrego Cascatinha, que possui uma área de drenagem aproximadamente 21% superior ao Baritina, apresentou uma vazão significativamente inferior.

Esta incoerência não pode ser esclarecida com as informações disponíveis durante a realização deste trabalho. As fotos e os levantamentos existentes da região não são recentes. Deste modo, recomenda-se que seja feita uma inspeção completa, inclusive com medições de descarga em vários pontos, desde as nascentes dos dois córregos até as proximidades do Grande Hotel.

8.5 - Qualidade das Águas de Superfície

Os estudos de qualidade das águas de superfície da área do Barreiro de Araxá foram realizados com os seguintes objetivos:

- avaliar as condições qualitativas e níveis de poluição em função da ocorrência de fontes contaminantes;

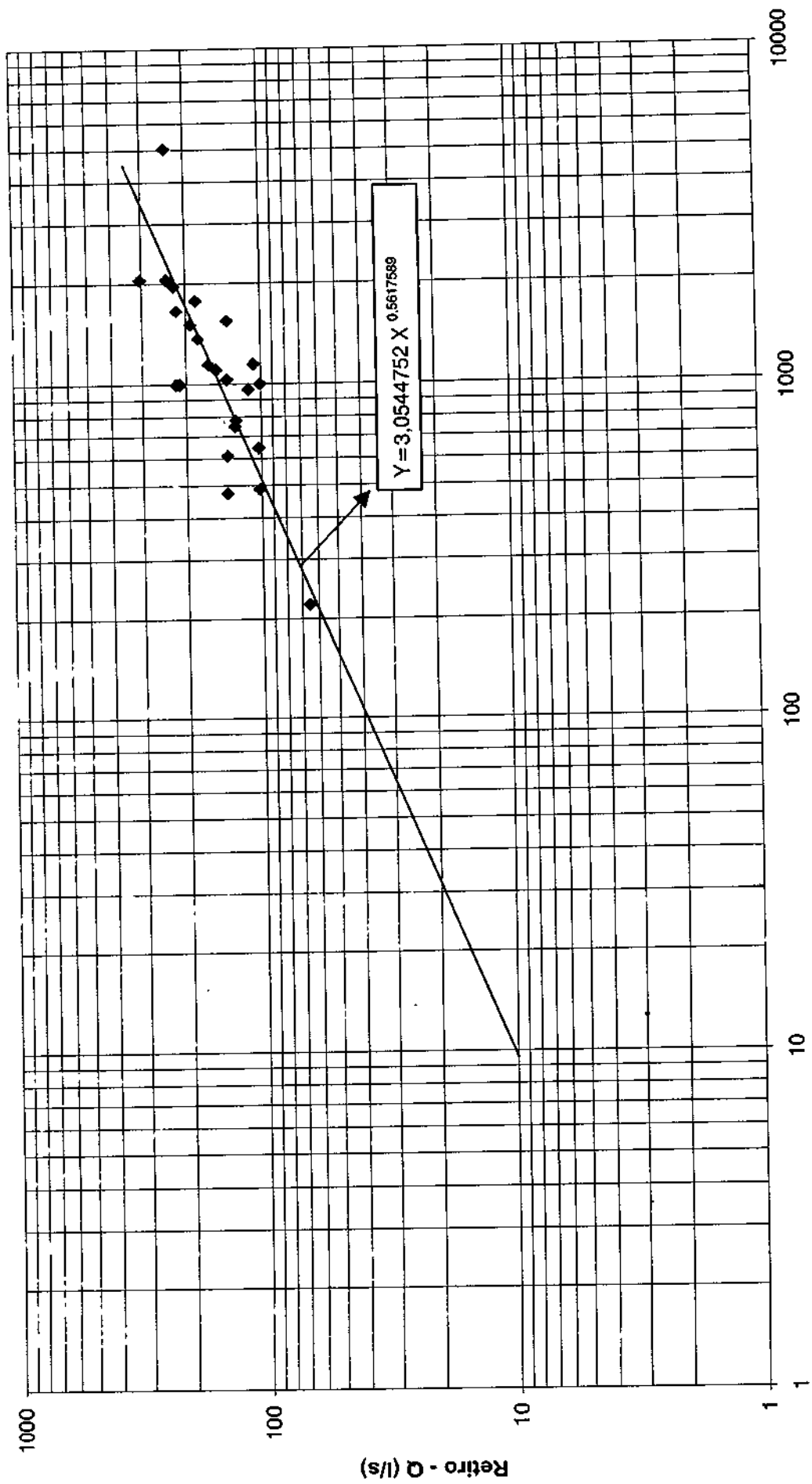


Figura 18 - Correlação entre os postos Iraí de Minas e Retiro.

- comparar os resultados das campanhas de amostragem com os padrões estabelecidos pela legislação ambiental, de forma a verificar se vêm sendo atendidos;
- verificar a adequabilidade das águas para suas múltiplas utilizações.

Para atender aos objetivos do trabalho foi realizada uma campanha de coleta de amostras das águas de superfície da região, no período de 18-11-97 a 19-11-97.

8.5.1 - Classificação das Águas do Município

SÉRIE DE DESCARGAS MÉDIAS MENSAIS (l/s) - ESTAÇÃO : IRAÍ DE MINAS ⁽¹⁾											
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2659	2517	2472	1740	1386	1150	1037	883	817	1071	1494	2245

$$Y = 3,0544752 X^{0,5617589}$$

SÉRIE DE DESCARGAS MÉDIAS MENSAIS (l/s) - ESTAÇÃO : RETIRO											
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
256	249	246	202	178	160	151	138	132	154	185	233

Obs:

(1) - Média da série histórica do período 1953 a 1996, sendo que o ano de 1980 foi excluído por estar incompleto.

Quadro 3 - Vazões médias do Posto Iraí de Minas.

SÉRIE DE DESCARGAS MÉDIAS ESPECÍFICAS MENSAIS (l/s/km²) - LOCAL: BARREIRO DE ARAXÁ											
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
18,6	18,0	17,8	14,6	12,9	11,6	10,9	10,0	9,6	11,1	13,4	16,9

Quadro 4 - Vazões específicas mensais da região do Barreiro.

CÓRREGO	DATA	COTA	VAZÃO (m³/s)	DATA	COTA	VAZÃO (m³/s)
Cascatinha*	23/09/97	Cascata	0,0013			
Cascatinha*	24/09/97	10	0,0424			
Saída L.Sup.				06/11/97	26	0,072
				06/11/97	25	0,073
				06/11/97	29	0,129
				06/11/97	27	0,181
Baritina ^{(1)*}	10/09/97	30	0,091	06/11/97	29	0,096
				06/11/97	29	0,135

Obs:

(1) - O poço (157/51) da CBMM libera uma vazão de 30m³/h para o córrego Baritina, ou seja, 0,0083m³/s.

Quadro 5 - Vazões medidas na região do Barreiro.

A legislação ambiental em vigor no Estado de Minas Gerais, através da Deliberação Normativa (D.N.) nº 010/86 do Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM, estabeleceu critérios para a classificação das coleções das águas estaduais e para o lançamento de efluentes nessas coleções. Segundo esses critérios, as águas, de acordo com seus usos preponderantes, são classificadas em cinco classes, devendo apresentar e manter padrões de qualidade compatíveis com os limites estabelecidos para as referidas classes. De acordo com o artigo 11, alínea C, da referida Deliberação Normativa, todos os cursos d'água que ainda não tenham sido devidamente enquadrados devem ser considerados pertencentes à Classe 2.

A bacia do rio Paranaíba ainda não foi enquadrada pelo órgão ambiental do Estado. Assim sendo, as coleções de águas da bacia do rio Capivara, tributário do rio Paranaíba, devem ser consideradas como da Classe 2.

Segundo a Deliberação Normativa nº 010/86, as águas Classe 2 destinam-se ao abastecimento doméstico após tratamento convencional, à proteção das atividades aquáticas, à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e à criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana. Cabe ressaltar que as águas superficiais do Barreiro só são utilizadas para finalidades paisagísticas e de usos menos exigentes.

Os padrões de qualidade estabelecidos para a classe 2 apresentam restrições para materiais flutuantes, óleos e graxas, substâncias que comuniquem gosto ou sabor, substâncias que formem depósitos objetáveis, os quais devem estar virtualmente ausentes. São também definidos limites quantitativos para uma série de parâmetros e indicadores, dentre eles os coliformes totais e fecais, DBO, OD, turbidez, cor, pH, bem como várias substâncias potencialmente prejudiciais tais como os fenóis, detergentes, solventes, nutrientes, sólidos dissolvidos, metais pesados, biocidas organoclorados e organofosforados, e outras substâncias orgânicas e inorgânicas tóxicas, cancerígenas ou de outro efeito nocivo. Os corantes artificiais, que podem ocorrer, devem ser removíveis por processos convencionais.

8.5.2 - Rede de Monitoramento

Para a realização dos estudos de qualidade das águas foram coletadas amostras em 9 pontos distribuídos nas lagoas e cursos d'água que drenam a região do Barreiro de Araxá.

Para identificação dos pontos de amostragem, foi adotada uma codificação do tipo XX - Y - ZZ, onde:

- XX indica o município em que se encontra o ponto, ou seja, AR caracteriza um ponto localizado no município de Araxá;
- Y caracteriza o tipo de amostra, tendo sido adotado M para amostras em mananciais (cursos d'água) e L para lagoas;
- ZZ é o número do ponto.

O mapa de localização dos pontos pertencentes à rede de amostragem está apresentado na figura 15.

Praticamente todas as amostras coletadas foram do tipo simples. Entretanto, na Fonte Andrade Júnior e no Lago Barragem F foram coletadas amostras compostas em 3 verticais.

As coletas das amostras foram executadas pela equipe técnica da CPRM, e o material amostrado foi analisado no Laboratório de Sedimentometria e Qualidade das Águas da Superintendência Regional de Belo Horizonte. As análises bacteriológicas foram realizadas em laboratórios contratados para esta finalidade.

8.5.3 - Parâmetros Analisados

A escolha dos parâmetros foi realizada com vistas à obtenção de análises representativas das reais condições qualitativas dos corpos d'água. Para tal, foram selecionados aqueles que melhor

expressassem as características físico-químicas das águas, as condições geológicas locais e os lançamentos de esgotos e resíduos industriais e das minerações verificados na região do Barreiro de Araxá.

Os parâmetros escolhidos foram os seguintes: temperatura da água, pH, condutividade, OD, DBO, DQO, sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos, sólidos sedimentáveis, óleos e graxas, turbidez, alcalinidade total, dureza total, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico, nitrito, nitrato, detergentes, fenóis, cianetos, cloretos, sulfetos, fluoretos, ferro total, ferro solúvel, manganês solúvel, fósforo total, zinco, cromo trivalente, cromo hexavalente, chumbo, cobre, cádmio, mercúrio, níquel, estanho, arsênio, coliformes totais, coliformes fecais, estreptococos fecais, dureza cálcio e magnésio, selênio, cálcio, magnésio, potássio, sulfatos, bicarbonatos, sódio, carbonatos, cor, alumínio e bário.

As principais características, as fontes de origem e a toxicidade relativas aos parâmetros analisados, bem como os respectivos limites estabelecidos pela legislação em vigor, estão apresentados no Quadro 6.

8.5.4 - Análise dos Resultados

8.5.4.1 - Córrego da Mata

Neste córrego foi feita somente uma coleta no ponto de amostragem ARM01 em 19-11-97, próximo à confluência com o córrego Baritina. A posição geográfica em que se encontra este ponto de amostragem permite dar uma visão do nível de qualidade das águas que drenam esta bacia. As águas apresentaram-se muito duras (419,06 mg/L), com pH neutro (6,94) e alcalinidade muito fraca (33 mg/L). A condutividade elétrica, em torno de 1957 μ mhos/cm, indica uma alta concentração de sais dissolvidos.

Na amostragem, detectaram-se bons índices de oxigenação (OD=6,65 mg/L) e baixa DBO (0,93). O índice de turbidez (2 mg/L) e a ausência de sólidos em suspensão são bastante satisfatórios. Entretanto, a concentração de sólidos dissolvidos é bastante elevada, estando acima dos limites estabelecidos, indicando que, provavelmente, despejos industriais estão sendo lançados neste córrego.

A presença de altas concentrações de cloretos (529,84 mg/L) e nitrogênio amoniacal (6,8mg/L) indicam poluição orgânica recente. Verificou-se ainda que a concentração da amônia não ionizável (0,02 mg/L) está acima dos limites estabelecidos.

Os índices de fosfatos totais em P (0,03 mg/L) mantiveram-se pouco acima dos limites estabelecidos para a classe 2. Acredita-se que esta alteração pode ser decorrente das características geológicas da região.

Quanto aos metais pesados, foram encontradas concentrações de bário pouco acima dos limites estabelecidos. Estas alterações possivelmente são decorrentes das características geológicas da região e/ou de efluentes industriais e de resíduos do processo de beneficiamento do minério de nióbio.

Concentrações elevadas de sulfetos (0,05 mg/L) foram detectadas na amostra, sendo que o sulfeto não dissociado (0,027 mg/L) excedeu os limites estabelecidos.

Com relação às análises bacteriológicas, o número de coliformes totais e fecais (280 NMP/100ml e 7 NMP/100ml, respectivamente) não excederam os limites. Contudo, o número de estreptococos fecais, da ordem de 1600 NMP/100ml, sugere que a contaminação fecal tenha origem em excrementos de animais.

CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS ANALISADOS						
PARÂMETRO	CARACTERÍSTICAS GERAIS	ORIGEM NAS ÁGUAS E FATORES DE ALTERAÇÃO	LIMITES (D.N. n° 010/86-COMPAM)			INCONVENIENTES E TOXICIDADE
			CLASSE 1	CLASSE 2	EFLUENTES	
Temperatura da água	Influencia processos biológicos, reações químicas e bioquímicas, caracterizando outros parâmetros como a densidade, viscosidade e pressão de vapor do meio líquido. É inversamente proporcional à solubilidade de gases dissolvidos e diretamente proporcional à solubilidade de sais minerais.	Varia naturalmente nas águas de acordo com a temperatura do ar, apresentando no Brasil valores entre 12 e 30°C. Aumentos significativos de temperatura nos corpos d'água são geralmente decorrentes de despejos de origem industrial e descargas de usinas termoeletricas.	-	-	< 40°C, não podendo gerar elevação de temperatura no corpo receptor maior que 3°C	Variações súbitas de temperatura nas águas causam efeitos danosos aos ecossistemas aquáticos que se adaptam apenas a pequenas variações. Aumentos de temperatura resultam na redução do oxigênio dissolvido e no consumo de oxigênio devido à estimulação das atividades biológicas.
pH - Potencial hidrogeniônico	É a relação numérica que expressa o equilíbrio entre íons (H ⁺) e (OH ⁻). Apresenta variação entre 0 e 14, sendo 7,0 o valor neutro. Águas com pH < 7,0 são consideradas ácidas, e com pH > 7,0, básicas.	Alterações naturais advêm da presença de ácidos carbônicos e húmicos dissolvidos. As maiores alterações no pH são provocadas por despejos industriais e águas residuárias de minas.	de 6,0 a 9,0	de 6,0 a 9,0	entre 6,5 e 8,5 (±0,5)	Águas com pH baixo ou elevado são agressivas, podendo causar corrosão em tubulações. Alterações bruscas de pH (<5,0 ou >9,0) podem causar o desaparecimento de espécies aquáticas.
Condutividade elétrica	É a capacidade da água de transmitir corrente elétrica. Apresenta relação proporcional à concentração de substâncias iônicas dissolvidas. Em águas doces varia de 30 a 2000 µs/cm a 25°C.	É determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. Grandes variações decorrem de lançamentos de despejos industriais e de mineração e esgotos domésticos.	-	-	-	-
Oxigênio Dissolvido (OD)	Fundamental para a manutenção das comunidades aquáticas aeróbicas. Provém naturalmente de processos cinéticos e fotossintéticos. Varia em função da temperatura da água e pressão atmosférica.	Reduções significativas nos teores de oxigênio dissolvido são provocadas por despejos principalmente de origem orgânica.	= 6,0 mg/l	= 5,0 mg/l	-	Apesar de essencial à vida aeróbica, o oxigênio é fator significante na corrosão de tubulações de ferro e aço.
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	É a quantidade de oxigênio consumida na oxidação biológica da matéria orgânica. É o parâmetro mais usual de indicação de poluição orgânica.	Ocorre naturalmente nas águas em nível reduzido em função da degradação de matéria orgânica (folhas, animais mortos, fezes de animais). Aumentos de DBO são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica.	= 3,0 mg/l	= 5,0 mg/l	= 60 mg/l	Altos índices podem gerar a diminuição e até a extinção do oxigênio presente nas águas; nessas condições, os processos aeróbicos de degradação orgânica podem ser substituídos por outros anaeróbicos, gerando alterações substanciais no ecossistema, inclusive com a extinção das formas de vida oxigênio-dependentes.
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	É a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Parâmetro utilizado no monitoramento de sistemas de tratamento de efluentes e na caracterização de efluentes industriais.	Aumentos de DQO decorrem principalmente de despejos de origem industrial.	-	-	= 80 mg/l	-
Sólidos	Quanto ao tamanho, podem ser classificados em dissolvidos e em suspensão. Os sólidos em suspensão dividem-se em sedimentáveis e não-sedimentáveis. Os sólidos dissolvidos incluem os colóides e os efetivamente dissolvidos. Quanto à caracterização química, são classificados em voláteis e não-voláteis se apresentam ou não conteúdo orgânico.	Os sólidos dissolvidos são naturalmente encontrados nas águas devido ao desgaste das rochas por intemperismo. Grandes concentrações decorrem do lançamento de esgotos domésticos e despejos industriais. Os sólidos em suspensão provêm do carreamento de solos pelas águas pluviais, devido a processos erosivos e desmatamentos na bacia, do lançamento de esgotos domésticos, efluentes industriais, e da dragagem para remoção de areia e atividades de garimpo.	sólidos dissolvidos totais: 500 mg/l	sólidos dissolvidos totais: 500 mg/l	sólidos sedimentáveis: 1 ml/l sólidos em suspensão = 100 mg/l (diário) = 60 mg/l (média mensal)	Excesso de sólidos dissolvidos na água pode causar alterações de sabor e problemas de corrosão em tubulações de distribuição. Em águas utilizadas para irrigação, pode gerar problemas de salinização do solo. Os sólidos em suspensão aumentam a turbidez das águas, prejudicando seus aspectos estéticos e a produtividade do ecossistema pela diminuição da penetração da luz.

CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS ANALISADOS						
PARÂMETRO	CARACTERÍSTICAS GERAIS	ORIGEM NAS ÁGUAS E FATORES DE ALTERAÇÃO	LIMITES (D.N. n° 010/86-COMPAM)			INCONVENIENTES E TOXICIDADE
			CLASSE 1	CLASSE 2	EFLUENTES	
Óleos e graxas	São substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal, tais como ácidos graxos, ceras, óleos, gorduras, sabões e graxas. São geralmente insolúveis em água, podendo aparecer emulsionados por detergentes, álcalis ou outras substâncias químicas.	Sua origem relaciona-se a atividades antropogênicas, uma vez que raramente são encontrados em águas naturais. Normalmente advêm de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolina, resíduos de embarcações e dragas, estradas, vias públicas urbanas e aeroportos.	virtualmente ausentes	virtualmente ausentes	Óleos minerais: = 20 mg/l Óleos vegetais e gordura animal: = 50 mg/l	Modificam a tensão superficial das águas dificultando as trocas gasosas, sobretudo do oxigênio, causando, portanto, alterações no ecossistema aquático e nas características físicas, químicas e biológicas das águas. Em seu processo de decomposição provocam a redução do OD e a elevação da DBO e DQO. Podem produzir dermatoses no homem.
Turbidez	Mede a resistência da água à passagem da luz. É uma característica das águas correntes, podendo aumentar nos períodos chuvosos. Em águas dormientes apresenta geralmente valores baixos.	Decorre naturalmente da presença de material em suspensão, plâncton, microorganismos, argilas e siltes nas águas. Sua principal fonte é o aporte de partículas de solos provenientes da superfície da bacia hidrográfica, em função de desmatamentos, processos erosivos e atividades de mineração. Pode também advir do lançamento de efluentes que contenham material fino.	≤ 40 UNT	≤ 100 UNT	-	Afeta esteticamente os corpos d'água. Pode causar distúrbios aos ecossistemas aquáticos devido à redução da penetração da luz. Aumenta os custos de processos de tratamento para fins de abastecimento público e industrial.
Alcalinidade total	É a capacidade apresentada por substâncias presentes na água de se ligarem a ácidos fortes equivalentes em concentração. Os cátions associados a bases fracas, bicarbonatos, carbonatos, ácidos orgânicos e íon hidroxila pertencem a esta classe de compostos.	Decorre da presença de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, quase sempre de alcalinos ou alcalinos terrosos (sódio, potássio, cálcio, magnésio, etc.). Grandes teores provêm de despejos de indústrias têxteis, químicas, lavanderias e curtumes.	-	-	-	Pode inibir a ação de microorganismos presentes nos processos biológicos de sistemas de tratamento. Interferem com a autodepuração dos cursos d'água.
Dureza total	É caracterizada pela dificuldade de formação de espumas pelo uso de sabões.	Decorre da presença de sais alcalino-terrosos e alguns metais em menor grau.	-	-	-	Causa incrustações em tubulações. Gera sabor característico nas águas. Dificulta o banho e a lavagem de utensílios domésticos e roupas, devido à dificuldade de formação de espuma.
Nitrogênio total	É a soma dos parâmetros nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal.	-	-	-	-	-
Nitrogênio orgânico	É todo o nitrogênio presente em compostos orgânicos, como proteínas, aminoácidos, amino, amidos, nitro-derivados e outros.	Presente em matéria orgânica não decomposta. Concentrações elevadas decorrem do lançamento de esgotos domésticos e efluentes de origem orgânica.	-	-	-	-
Nitrogênio amoniacal (NH ₃)	Resultante da decomposição do nitrogênio orgânico pela ação de bactérias saprófitas.	Existe nas águas naturais em pequenas concentrações, resultante da decomposição da matéria orgânica de origem predominantemente animal. Aumentos súbitos indicam contaminação recente por esgotos domésticos e efluentes orgânicos.	≤ 0,02 mg/l (NH ₃)	≤ 0,02 mg/l (NH ₃)	≤ 5,0 mg/l (N)	Favorece a proliferação de bactérias. Concentrações acima de 2,5 mg/l são tóxicas para algumas espécies de peixes de água doce.
Nitrito (NO ₂)	Composto instável, produzido a partir da oxidação da amônia pela ação de bactérias Nitrosomonas em condições aeróbicas. Em condições anaeróbicas, pode ser reduzido à amônia.	Provém do lançamento de esgotos domésticos e efluentes orgânicos em processo de decomposição, indicando poluição orgânica recente.	≤ 1,0 mg/l (N)	≤ 1,0 mg/l (N)	-	Em soluções ácidas pode formar nitrosaminas que são agentes carcinogênicos. É o agente etiológico da metemoglobinemia.

CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS ANALISADOS						
PARÂMETRO	CARACTERÍSTICAS GERAIS	ORIGEM NAS ÁGUAS E FATORES DE ALTERAÇÃO	LIMITES (D.N. n° 010/86-COMPAM)			INCONVENIENTES E TOXICIDADE
			CLASSE 1	CLASSE 2	EFLUENTES	
Nitrato (NO_3)	Composto estável, decorrente da decomposição do nitrato pela ação de nitrobactérias em ambientes aeróbicos. Em condições anaeróbicas pode ser reduzido a nitrito. Constitui-se um nutriente fundamental ao desenvolvimento das plantas.	Ocorre naturalmente nas águas por dissolução de rochas ou, principalmente, por oxidação bacteriana de matéria orgânica de origem predominantemente animal. Maiores concentrações decorrem da utilização de fertilizantes e do lançamento anterior de efluentes orgânicos.	~10,0 mg/l (N)	~10,0 mg/l (N)	-	Em grandes concentrações (>20 mg/l) pode provocar cianose em crianças. Como nutriente, em níveis significativos, contribui para a proliferação de organismos aquáticos e consequente eutrofização do corpo d'água.
Detergentes	São agentes tensoativos, surfactantes ou espumantes que têm a propriedade de diminuir a tensão superficial dos líquidos, sendo utilizados para emulsionar substâncias hidrófobas como óleo, gorduras, petróleo, etc. Os sulfonados de aquilbenzila (ABS) oferecem grande resistência à degradação biológica. Outros tipos, como o LAS, NASP e laurilsulfato de sódio são biodegradáveis.	São compostos sintéticos, não sendo encontrados em águas naturais. Têm sido largamente utilizados em indústrias, principalmente têxteis, de fibras em geral, alimentícias, frigoríficos, curtiúras, bem como na lavagem de utensílios domésticos, sendo encontrados em efluentes domésticos e efluentes.	~0,5 mg/l (LAS)	~0,5 mg/l (LAS)	~2,0 mg/l	Causam a formação de espuma nas águas. Por modificarem a tensão superficial dos líquidos, influenciam nas trocas gasosas. Causam gosto e odor nas águas. Alguns tipos apresentam baixa degradação biológica, sendo tóxicos para os peixes de águas interiores.
Fenóis	São compostos orgânicos aromáticos, tendo como característica seu poder bactericida.	Sob condições naturais, podem advir da decomposição de certas folhas como as do carvalho, de algumas raízes, ou ainda durante a decomposição bioquímica de algas mortas. Provêm principalmente de efluentes industriais (químicos, farmacêuticos e siderúrgicos, de fábricas de matéria plástica, corantes, revestimentos e pinturas betuminosas, etc.), despejos de mineração, insumos agrícolas (pesticidas, produtos para o gado), estando também presentes em efluentes domésticos e hospitalares devido ao uso de desinfetantes.	~0,001 mg/l	~0,001 mg/l	~0,2 mg/l	Já em pequenas concentrações causam cheiro e sabor desagradáveis na água potável, sobretudo na presença de cloro. Em maiores concentrações (8 a 10 mg/l), são letais para os peixes. Concentrações tóxicas para o homem são da ordem de 13 mg/kg, bem superiores às normalmente encontradas nas águas. Por ser um bactericida poderoso interfere nos testes de DBO.
Cianetos	São compostos que contêm o radical CN^- . Os cianetos alcalinos simples formam íons quando dissolvidos em solução aquosa. Os cianetos complexos são mais estáveis e pouco tóxicos; entretanto, quando se decompõem em íons simples apresentam toxicidade variada.	São encontrados em pequenas quantidades em alguns alimentos (palmito, alface, repolho e outros), sendo aceitos pelo organismo humano. Suas principais fontes são os efluentes de siderúrgicos, indústrias químicas, de galvanização, de clarificação de metais, fábricas de borracha, de fibras acrílicas, de plásticos, resíduos de atividades minerárias de refinação de ouro e prata.	~0,01 mg/l (CN)	~0,01 mg/l (CN)	~0,2 mg/l	Apresentam vários graus de toxicidade em função do metal presente e da proporção dos grupos CN^- convertidos em cianetos simples. Associado ao zinco e cádmio é excessivamente tóxico. Reduções no pH, aumento da temperatura da água e baixas concentrações de oxigênio dissolvido também aumentam sua toxicidade. O máximo para ingestão humana é de 18mg/dia. Concentrações acima de 0,025mg/l são tóxicas para peixes.
Cloreto	O cloreto na forma iônica Cl^- é um dos principais ânions inorgânicos presentes na água e em efluentes. As concentrações de cloreto são geralmente mais altas em águas residuárias do que em efluentes domésticos.	Ocorrem em águas naturais em teores variados devido ao contato com depósitos minerais ou com a água do mar. Maiores concentrações decorrem da contaminação por efluentes domésticos, efluentes industriais diversos (químicos, de tintas, explosivos, fósforos, papel, de galvanoplastia, bebidas carbonatadas, processamento de alimentos) e do retorno de águas de irrigação.	~250,0 mg/l (Cl)	~250,0 mg/l (Cl)	-	Embora em quantidades razoáveis não sejam prejudiciais à saúde humana, transmitem à água sabor salgado repulsivo. Cloreto de cálcio e magnésio causam dureza e corrosividade em caldeiras.

CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS ANALISADOS						
PARÂMETRO	CARACTERÍSTICAS GERAIS	ORIGEM NAS ÁGUAS E FATORES DE ALTERAÇÃO	LIMITES (D.N. n° 010/86-COMPAM)			INCONVENIENTES E TOXICIDADE
			CLASSE 1	CLASSE 2	EFLUENTES	
Sulfetos	Aparecem na água a partir da decomposição anaeróbia da matéria orgânica. Apresentam alta toxicidade.	Maiores concentrações decorrem do lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais que contenham H_2S ou S^{2-} , como os de fábricas de papel, refinarias de óleo, curtumes, indústrias alimentícias e químicas.	-0,002 mg/l (S)	-0,002 mg/l (S)	-0,5 mg/l (S)	São altamente tóxicos, sendo letais aos peixes em concentrações de 1 a 6 mg/l. Sendo fortemente redutores são responsáveis por uma demanda imediata de oxigênio, reduzindo o oxigênio dissolvido nos corpos d'água. Impedem a floculação nas estações de tratamento e provocam corrosão em tubulações e estruturas de metal e concreto. Causam problemas de odor e sabor nas águas.
	São essenciais em águas para consumo humano em concentrações baixas (de 0,6 a 1,2 mg/l) para a prevenção de cáries infantis. Maiores concentrações são prejudiciais à saúde humana.	Sua presença em águas naturais não poluídas deve-se ao contato com rochas que contenham fluor; neste caso, seu teor raramente excede a 1,0 mg/l. Maiores concentrações ocorrem devido ao lançamento de despejos de indústrias químicas, de vidro, de beneficiamento de minérios, dentre outras.	-1,4 mg/l (F)	-1,4 mg/l (F)	-10,0 mg/l (F)	Concentrações altas, entre 8,0 e 20,0 mg/l são prejudiciais à saúde por causar fluorose dental em crianças e fluorose endêmica cumulativa, com consequentes lesões esqueléticas em crianças e adultos. Doses excessivas são letais ao homem.
	Existe em grande quantidade na natureza, sendo encontrado em solos e minerais principalmente na forma de óxido férrico insolúvel e sulfeto de ferro, solúvel em água na presença de dióxido de carbono. Pode também ocorrer como carbonato de ferro, fracamente solúvel. Nas águas superficiais pode ser encontrado sob as formas de ferro ferroso e trivalente (ferro férrico), como solução, colóide, suspensão ou em complexos orgânicos e minerais.	Em águas não poluídas, seu teor varia muito em função da litologia da região e do período chuvoso, quando pode ocorrer o carreamento de solos com teores de ferro mais elevados. Pode ocorrer em maiores concentrações devido à drenagem de áreas de mineração, ou ao lançamento de efluentes industriais de metalurgia ou de processamento de metais.	ferro solúvel: -0,3 mg/l (Fe)	ferro solúvel: -0,3 mg/l (Fe)	ferro solúvel: -10,0 mg/l (Fe)	Confere sabor e coloração avermelhada às águas. Sua presença causa depósitos em tubulações. Pode causar manchas em aparelhos sanitários e em roupas durante a lavagem. Por promover o crescimento de ferrobactérias causam problemas no sistema de distribuição.
	Está presente em praticamente todos os solos, principalmente na forma de dióxido de manganês, insolúvel em águas que contenham dióxido de carbono. Sob condições anaeróbicas, o dióxido de manganês é reduzido para formas solúveis.	Em águas naturais pode ocorrer em pequenas concentrações devido à lixiviação de minerais e solos. Maiores concentrações decorrem do lançamento de efluentes industriais.	-0,1 mg/l (Mn)	-0,1 mg/l (Mn)	manganês solúvel: -1,0 mg/l (Mn)	Confere sabor, coloração marrom e turbidez às águas, além de formar depósitos em tubulações. Pode causar manchas em roupas.
	Participa dos processos de respiração, fotossíntese e reprodução celular. Assim como o nitrogênio, o fósforo é um importante nutriente para o crescimento e reprodução dos microrganismos que promovem a estabilização da matéria orgânica presente nas águas, podendo ocorrer sob várias formas, orgânica (proteínas) ou minerais (ortofosfatos e polifosfatos).	Em águas naturais o fosfato é formado principalmente durante os processos biológicos de transformação de substâncias orgânicas em fosfato inorgânico, ou pela lixiviação de solos e minerais. Maiores concentrações decorrem do lançamento de esgotos domésticos, águas residuais industriais e efluentes diversos que contenham detergentes.	-0,025 mg/l (P)	-0,025 mg/l (P)	-	Maiores concentrações provocam a proliferação excessiva de algas e consequente eutrofização dos corpos d'água, a qual promove a desestabilização do ecossistema, causando grandes alterações nas condições físico-químicas das águas e na comunidade aquática.
	É essencial em baixos teores para o metabolismo humano e animal. Em maiores concentrações torna-se tóxico.	Ocorre em pequenas concentrações em águas naturais, devido à lixiviação de solos e rochas. Maiores concentrações são decorrentes do lançamento de despejos industriais principalmente de galvanoplastia e fábricas de papel e tintas.	-0,18 mg/l (Zn)	-0,18 mg/l (Zn)	-5,0 mg/l (Zn)	Em concentrações mais altas torna-se tóxico para a vida aquática, estando sua toxicidade relacionada com as concentrações de oxigênio e dureza da água. Altas concentrações podem causar problemas pulmonares ao homem.

CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS ANALISADOS						
PARÂMETRO	CARACTERÍSTICAS GERAIS	ORIGEM NAS ÁGUAS E FATORES DE ALTERAÇÃO	LIMITES (D.N. n° 010/86-COMPAM)			INCONVENIENTES E TOXICIDADE
			CLASSE 1	CLASSE 2	EFLUENTES	
Cromo	Em baixos teores é necessário ao metabolismo humano e animal. Em grandes concentrações torna-se prejudicial à saúde humana.	É um elemento raramente encontrado em águas naturais não poluídas. O cromo trivalente presente nas águas decorre principalmente do lançamento de despejos de curtumes. A presença do cromo hexavalente advém de despejos de indústrias que utilizam processos de piquetagem e cromagem de metais, galvanoplastias, indústrias de corantes, explosivos, cerâmica, vidro, papel, etc.	Cromo trivalente: =0,5 mg/l (Cr) hexavalente =0,05 mg/l (Cr)	Cromo trivalente: =0,5 mg/l (Cr) hexavalente =0,05 mg/l (Cr)	Cromo trivalente: =1,0 mg/l (Cr) hexavalente: =0,5 mg/l (Cr)	Na forma trivalente apresenta menos toxidez que na hexavalente. Apesar de não ser cumulativo, por bloquear enzimas responsáveis por determinados processos metabólicos, pode ser prejudicial à saúde humana em grandes concentrações, maiores que 11,0 mg/l. Quando inspirado pode ser carcinogênico.
Chumbo	É um metal tóxico ao homem e animais. O chumbo ingerido é absorvido parcialmente pelo organismo; entretanto, o contido no ar inspirado é absorvido rápida e completamente pelos pulmões, entrando na corrente sanguínea e distribuindo-se por todo o organismo.	Em condições naturais apenas traços são encontrados nas águas, da ordem de 0,01 mg/l ou menos. Maiores concentrações são decorrentes da contaminação por efluentes de indústrias ou minas, ou como resultado da ação corrosiva em canalizações contendo este metal.	=0,03 mg/l (Pb)	=0,03 mg/l (Pb)	=0,1 mg/l (Pb)	Apresenta poder cumulativo no organismo. Quando assimilado pode desencadear uma série de perturbações: - danos ao sistema nervoso central, podendo ocasionar epilepsia, convulsões e paralisia; - redução da capacidade intelectual em crianças; - diminuição da resistência frente a infecções; - anemia; - intoxicação crônica ou saturnismo, que pode levar à morte.
Cobre	Em pequenas concentrações participa dos processos metabólicos e sua ausência pode causar anemia.	Ocorre em águas naturais em pequenas concentrações. Maiores teores são decorrentes de sua utilização como algicida, do lançamento de despejos industriais e do desgaste de canalizações de cobre.	=0,02 mg/l (Cu)	=0,02 mg/l (Cu)	=0,5 mg/l (Cu)	Causa sabor às águas de abastecimento. Concentrações elevadas são danosas para os organismos aquáticos, podendo ocasionar problemas de fígado no homem.
Cádmio	É um elemento de elevado potencial tóxico apresentando efeito cumulativo nos organismos aquáticos e não aquáticos com meia-vida da ordem de 10 anos, podendo, portanto, integrar-se às cadeias alimentares.	Em condições naturais é encontrado nas águas em traços mínimos. A ocorrência de concentrações mais elevadas nas águas está relacionada ao contato com recipientes e canalizações que contenham este elemento, inclusive plásticas, ao uso de fertilizantes e ao lançamento de despejos industriais de galvanoplastia, de mineração e metalurgia do zinco bem como de processos de combustão.	=0,001 mg/l (Cd)	=0,001 mg/l (Cd)	=0,1 mg/l	Em pequenas doses afeta os órgãos reprodutores de alguns animais. No homem, provoca irritação gastrointestinal com a ocorrência de vômitos, ataca a medula óssea com consequente redução dos glóbulos vermelhos gerando anemia, causa hipertensão, doenças cardiovasculares, diminuição da massa óssea, retardar o crescimento em crianças, prejudica a capacidade excretora dos rins. Sua ação tóxica é incrementada na presença de zinco, cobre e selênio.
Mercúrio	Embora seja um elemento com alto índice de toxicidade, tem sido utilizado em larga escala para fins industriais, minerários e agrícolas. Apresenta efeito cumulativo nos organismos, integrando-se às cadeias alimentares, principalmente sob a forma de compostos organo-mercúricos, cuja meia vida no organismo humano é de 70 a 100 dias.	Encontra-se distribuído no meio ambiente, podendo ocorrer em águas naturais, principalmente incorporado aos sedimentos de fundo. Maiores concentrações originam-se de efluentes de indústrias que utilizam processos eletrolíticos, madeiras, resíduos de bactericidas e fungicidas utilizados na agricultura e do seu uso em atividades de garimpo.	=0,0002 mg/l (Hg)	=0,0002 mg/l (Hg)	=0,01 mg/l (Hg)	Sua toxicidade é maior sob a forma de metil-mercúrio, podendo causar danos irreversíveis no cérebro devido à destruição dos tecidos neurais, lesões renais, tremores musculares, irritabilidade, distúrbios da fala, redução da memória, paralisção dos órgãos dos sentidos, náuseas, perturbações do sono, diminuição da capacidade de concentração, vômitos, dores abdominais, diarreia, danos nos ossos e morte.

CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS ANALISADOS						
PARÂMETRO	CARACTERÍSTICAS GERAIS	ORIGEM NAS ÁGUAS E FATORES DE ALTERAÇÃO	LIMITES (D.N. n° 010/86-COMPAM)			INCONVENIENTES E TOXICIDADE
			CLASSE 1	CLASSE 2	EFLUENTES	
Níquel	É um elemento utilizado na produção de várias ligas como da prata chinesa, prata alemã, na fabricação de moedas, magnetos, baterias de acumulação, etc.	Maiores concentrações provêm de efluentes de fábricas de tintas e de processos de galvanoplastia.	~0,025 mg/l (Ni)	~0,025 mg/l (Ni)	~1,0 mg/l (Ni)	A ingestão de sais solúveis pode provocar náuseas, vômitos e diarreia.
Estanho	É um elemento utilizado em processos de galvanização, fabricação de ligas para soldas, manufatura de sais de estanho, etc. Em medicina é usado como anti-helmíntico e em furunculoses.	Em função de sua baixa solubilidade em água, menos de 100 µg/l, apenas traços são encontrados em águas naturais. Maiores concentrações provêm de resíduos e efluentes industriais.	~2,0 mg/l (Sn)	~2,0 mg/l (Sn)	~4,0 mg/l (Sn)	
Arsênio	É um elemento tóxico, podendo inclusive exercer efeito carcinogênico. Apresenta efeito cumulativo no organismo.	Em águas naturais é frequente a ocorrência de traços de arsênio. O aumento de seu teor nas águas é decorrente do lançamento de despejos industriais, de efluentes de minerações (ouro e prata), bem como através da lavagem de solos agrícolas onde são utilizados inseticidas e herbicidas à base deste elemento.	~0,05 mg/l (As)	~0,05 mg/l (As)	~0,2 mg/l (As)	A ingestão de 100 mg/l pode resultar em severa intoxicação no homem. Concentrações da ordem de 130 mg/l podem ser letais. Pode causar câncer de pele e de fígado.
Coliformes totais e fecais	Esta classe abrange todos os bacilos gram negativos não esporulados, aeróbicos ou anaeróbicos facultativos que fermentam lactose. Os microorganismos do gênero coliforme constituem-se os melhores indicadores da possível presença nas águas de material fecal de origem humana ou de animais de sangue quente e, conseqüentemente, de organismos patogênicos. Apresentam maior resistência que estes organismos, sendo encontrados em grandes quantidades nas fezes ou nos solos e plantas.	Ocorrem nas águas devido à contaminação com excrementos fecais de homens e animais de sangue quente.	200 coliformes fecais ou 1000 coliformes totais por 100 ml em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais	1000 coliformes fecais ou 5000 coliformes totais por 100 ml em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais	-	A presença de coliformes nas águas por si só não representa problemas à saúde, indicando apenas a possível presença de fezes e, portanto, de outros organismos presentes nas fezes, transmissores de doenças como a febre tifóide e paratífóide, disenteria bacilar, cólera, hepatite, dentre outras.
Streptococos fecais	São microorganismos existentes em grande quantidade em fezes de animais e em menores quantidades em fezes humanas. Assim sendo, sua avaliação, associada à de coliformes fecais, pode indicar a origem fecal animal ou humana.	Ocorrem em águas contaminadas com dejetos de origem fecal.	-	-	-	São apenas indicadores da ocorrência de fezes de animais nas águas, não representando problemas por si só.
Dureza cálcio e magnésio	Dureza é a concentração de cátions multimetálicos em solução. Os cátions mais freqüentemente associados à dureza são os cátions divalentes Ca^{2+} e Mg^{2+} . Em condições de supersaturação, esses cátions reagem com ânions na água, formando precipitados.	- Origem natural: dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio (ex. rochas calcáreas). - Origem antropogênica: despejos industriais.	-	-	-	Águas duras causam incrustações, produzem grande consumo de sabão e dificultam o cozimento de alimentos.
Selênio	Embora em baixas concentrações seja necessário ao metabolismo humano e de animais, em maiores teores torna-se tóxico. Sob o aspecto químico é semelhante ao enxofre.	Em geral está ausente ou é encontrado apenas como traços nas águas naturais. Entretanto, em regiões seleníferas, pode ocorrer nas águas superficiais em concentrações de até 2,5 mg/l devido à lixiviação de rochas e solos.	~0,01 mg/l (Se)	~0,01 mg/l (Se)	~0,02 mg/l (Se)	O consumo de águas com concentrações maiores de selênio pode causar intoxicação branda e o aumento da incidência de cáries dentárias. Experiências em ratos têm mostrado que o selênio possui ação carcinogênica.

CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS ANALISADOS						
PARÂMETRO	CARACTERÍSTICAS GERAIS	ORIGEM NAS ÁGUAS E FATORES DE ALTERAÇÃO	LIMITES (D.N. n° 010/86-COMPAM)			INCONVENIENTES E TOXICIDADE
			CLASSE 1	CLASSE 2	EFLUENTES	
Ions Ca Mn K SO ₄ HCO ₃ Na Carbonatos	A quase totalidade dos ions dissolvidos nas águas é constituída por estes ions, que serão os que determinarão os aspectos químicos e hidrogeoquímicos das águas. Teores acima do "background" regional poderão indicar contaminação.	• Cálcio: na dissolução de rochas carbonáticas, feldspatos e outros silicatos cálcicos. • Magnésio: também na dissolução de rochas carbonáticas, silicatos magnesianos e ferro-magnesianos. • Potássio: na dissolução de rochas alcalinas e efluentes industriais, minerários e agrícolas. Raramente ocorrem em águas naturais. • Sulfatos: na oxidação de sulfetos de metais pesados presentes nas rochas, efluentes sanitários e industriais, dissolução de gesso e na atmosfera. • Bicarbonatos: no CO₂ atmosférico e no CO₂ em solos ricos em matéria orgânica. • Sódio: na lixiviação de rochas ricas em feldspatos e efluentes urbanos e industriais.	- - - +250mg/l (SO ₄) - -	- - - +250mg/l (SO ₄) - -	- - - - - -	• Cálcio e Magnésio contribuem para a dureza e na produção de incrustações. • Sulfatos em quantidades elevadas são prejudiciais às plantas e à resistência do concreto. Pode provocar corrosão nas tubulações e efeito purgativo. Além disso, pode causar sabor amargo e odor devido à liberação do gás H₂S. • Sódio é prejudicial às plantas ao reduzir a permeabilidade do solo, também criam problemas de espumas em caldeiras.
Cor	Resulta da presença de sólidos totais nas suas diversas frações.	• Origem natural: decomposição da matéria orgânica (principalmente vegetais - ácidos húmicos e fúlvicos) e presença de ferro e manganês. • Origem antropogénica: resíduos industriais e esgotos domésticos.	=30 mg PTA	=75 mg PTA	-	• Origem natural: não representa risco direto à saúde, mas consumidores podem questionar a sua confiabilidade, e buscar águas de maior risco. Além disso, a cloração da água contendo a matéria orgânica dissolvida responsável pela cor pode gerar produtos potencialmente cancerígenos. • Origem industrial: pode ou não apresentar toxicidade.
Alumínio	Condições físico-químicas particulares favorecem ou não a solubilidade deste ion.	Alumínio é abundante nas rochas e minerais. O aumento de seu teor nas águas é decorrente do lançamento de efluentes industriais, esgotos domésticos, resíduos industriais, de minerações e de produtos utilizados na agricultura bem como através de fontes minerais.	=0,10 mg/l (Al)	=0,10 mg/l (Al)	-	Não é considerado tóxico ou prejudicial à saúde, mas há interesse em se controlar a concentração nas águas de abastecimento público e industrial, para prevenir precipitações e sedimentações.
Bário	A presença de metais em águas de abastecimento, águas residuárias domésticas e industriais, e em coleções de águas receptoras, é uma preocupação constante, dadas as propriedades tóxicas destes materiais. Eles afetam os consumidores, os sistemas de tratamento de águas residuárias e o sistema biológico de águas brutas.	O bário em geral ocorre nas águas naturais em concentrações muito baixas, de 0,7 a 900 µg/l. Quantidades elevadas são decorrentes de efluentes industriais e de resíduos de minerações.	=1,0 mg/l (Ba)	=1,0 mg/l (Ba)	=5,0 mg/l (Ba)	A ingestão de bário pode causar desde o aumento transitório da pressão sanguínea, por vasoconstrição, até sérios efeitos tóxicos sobre coração, vasos e nervos. Até hoje não se comprovou seu efeito cumulativo.

Nas amostras foram encontradas concentrações de óleos e graxas na proporção de 0,1 mg/L.

A partir dos resultados das análises dos parâmetros amostrados, verifica-se que o córrego da Mata não se enquadra na classe 2.

8.5.4.2 - Córrego Baritina

Neste córrego foram implantados dois pontos de amostragem. O primeiro, ARM02 em 19-11-97, está localizado a montante da confluência com o córrego da Mata e o segundo, ARL03 em 19-11-97, está situado no curso médio a montante da barragem de gabião B5 (figura 15).

Os valores de dureza total, entre 63,03 a 73,44 mg/L, são característicos de águas brandas. As amostras apresentaram pH variando entre 7,42 e 7,56, indicando, portanto, águas básicas. A alcalinidade apresentou-se muito fraca, entre 45 e 48 mg/L. A condutividade elétrica, variando de 155,8 a 203 μ mh/cm nos dois pontos de amostragem, indicam águas de salinidade baixa a média. Quanto à turbidez, os índices obtidos em todas as amostras, de até 10,0 NTU, foram baixos, mantendo-se, portanto, dentro dos limites estabelecidos.

Os teores de oxigênio dissolvido mantiveram-se acima do limite mínimo estabelecido em todas as amostras (OD variando entre 6,70 e 7,15 mg/L). A DBO manteve-se baixa, variando entre 0,96 e 1,00 mg/L.

Pequena contaminação orgânica foi detectada a partir dos índices de nitrogênio amoniacal encontrados, bem como das análises bacteriológicas. Estas registram a presença de coliformes totais e fecais dentro do permitido, com exceção do ponto ARL03, que apresentou uma concentração elevada de coliformes fecais, em torno de 1600 NMP/100ml. Contudo no ponto ARM02, o número de coliformes fecais (300 NMP/100ml), quando comparado com o número de estreptococos (1600 NMP/100ml), sugere que a matéria orgânica presente pode ser predominantemente originária de excrementos de animais.

No ponto ARL03, verificou-se a presença de uma concentração elevada de alumínio (0,229 mg/L), bem acima do limite estabelecido para a classe 2.

Acredita-se que as altas concentrações de fosfatos totais em P nas duas amostras, variando entre 0,21 e 0,27 mg/L, devem-se às características geológicas da região.

As concentrações de bário estão bem acima dos limites estabelecidos para a classe, em torno de 1,981 a 2,314 mg/L. Foram detectadas elevadas concentrações de sulfetos (entre 0,06 a 0,09 mg/L), sendo que o sulfeto não dissociado (entre 0,012 e 0,024 mg/L) excede os limites estabelecidos para a classe 2. Estas alterações, como no córrego da Mata, são decorrentes das condições geológicas regionais e/ou de efluentes industriais e de resíduos do processo de beneficiamento do minério de nióbio.

No ponto ARL03, foram encontrados óleos e graxas numa concentração de 0,3 mg/L e, no ponto ARM02, fenóis com concentração de 0,001 mg/L.

8.5.4.3 - Lago da Fonte Andrade Júnior

Neste lago foi coletada somente uma amostra no ponto ARL04 em 18-11-97 (figura 15). As águas apresentaram-se moles (dureza de 11,06 mg/L), com o índice de turbidez aceitável (80 NTU), com pH acentuadamente básico (em torno de 10,4) e alcalinidade extremamente forte (2015 mg/L). Os valores de condutividade elétrica (4120 μ mh/cm) e a concentração de sólidos dissolvidos (2380 mg/L) apresentaram-se extremamente elevados.

A elevada taxa de DBO (60,4 mg/L) e nitrogênio amoniacal (12,6 mg/L) apresentada nos resultados das análises das amostras indicam a ocorrência de matéria orgânica em grande concentração. Foi verificada a presença da amônia não-ionizável (14,39 mg/L) muito acima dos limites estabe-

lecidos para a Classe 2. Estas alterações ocorrem possivelmente devido ao processo de maturação da lama de Araxá que ocorre dentro desta lagoa.

Verificou-se também que as concentrações de fosfatos totais em P (0,27 mg/L) e de alumínio (6,906 mg/L) estão bem acima dos limites estabelecidos.

Quanto às análises bacteriológicas, os valores registrados estão dentro do permitido, com o número de coliformes fecais de 230 NMP/ml e de coliformes totais em torno de 2100 NMP/100ml. O número de estreptococos fecais foi bastante reduzido, na ordem de 20 NMP/L.

Foram encontrados óleos e graxas na concentração de 0,2 mg/L.

Obs.: durante os dias da campanha, a fonte estava seca, com o nível d'água bem abaixo do normal. Acredita-se que esta situação possa ter distorcido os resultados de alguns parâmetros.

8.5.4.4 - Lago Superior

Neste lago foi coletada somente uma amostra no ponto ARL05 (figura 15). As águas apresentaram-se moderadamente duras (dureza de 132,09 mg/L), com o índice de turbidez baixo (4 NTU), com pH básico (em torno de 8,47) e alcalinidade fraca (81 mg/L). A condutividade elétrica (308 µmhos/cm) indicou que as águas têm salinidade baixa a média.

Os teores de oxigênio dissolvido (8,1 mg/L) mantiveram-se acima do limite mínimo estabelecido. A DBO excedeu o permitido, apresentando uma concentração de 6,94 mg/L. Uma pequena contaminação orgânica foi detectada a partir dos valores encontrados nos parâmetros nitrogênio amoniacal (0,39 mg/L) e orgânico (0,23 mg/L). Foi constatada a presença da amônia não-ionizável (0,07 mg/L) acima dos limites estabelecidos para a classe 2. Quanto às análises bacteriológicas, o número de coliformes totais (70NMP/100ml) e de coliformes fecais (13 NMP/100ml) foi baixo, mantendo-se, portanto, dentro dos limites.

Nestas análises, verificou-se, também, que as concentrações de fosfatos totais em P (0,12 mg/L) e bário (2,232 mg/L) estão bem acima dos limites estabelecidos para a Classe 2. Detectou-se na amostra a presença de óleos e graxa na concentração de 0,1 mg/L.

8.5.4.5 - Córrego da Cascatinha

Nesse córrego foram implantados três pontos de amostragem, ARM06 (jusante da barragem "E"), ARL07 (barragem "F") e ARM08 (dentro da mata da Cascatinha), em 18/11/97 (figura 15).

Os três pontos de amostragem apresentaram o pH com valores variando de 7,72 a 9,73 (águas básicas), índices de turbidez baixos (variando de 3 a 20 NTU) e alcalinidade fraca (entre 20,5 e 62,5). Os valores de condutividade elétrica (49,2 a 123,8 µmhos/cm) indicam uma baixa concentração de sais dissolvidos. As concentrações de fosfatos totais em P (0,10 a 0,23 mg/L) e alumínio (0,129 a 0,389 mg/L) encontram-se acima dos limites estabelecidos para classe 2.

No ponto ARM08, as águas apresentaram-se moles (dureza muito baixa, de 21,28 mg/L), sendo que nos pontos mais a jusante (ARM06 e ARL07), estas tornaram-se levemente duras (variando de 60,97 a 62,17).

Nas amostras ARM06 e ARL07, detectou-se a presença de concentrações nitrogênio amoniacal (0,36 a 0,48 mg/L) e nitrogênio orgânico (0,22 a 0,57 mg/L), indicando uma provável contaminação de matéria orgânica recente. Verificou-se, também, a presença da amônia não-ionizável (entre 0,03 a 0,44 mg/L), que está bem acima do limite permitido.

Todos os pontos apresentaram bons índices de oxigenação (7,1 a 11,7 mh/L) e baixa DBO (2,10 a 2,27 mg/L). Somente o ponto ARL07 apresentou o valor da DBO (7,04 mg/L) acima dos limites estabelecidos.

Quanto à análise bacteriológica, a amostra ARM08 apresentou um número elevado de coliformes totais (9000 NMP/100ml) e coliformes fecais (2800 NMP/100ml), excedendo em muito os limites admissíveis. O significativo número de estreptococos fecais (1300NMP/100ml) encontrado nesta amostra é um fator indicativo de contaminação orgânica de origem animal. Nos demais pontos, os números de coliformes totais e fecais encontraram-se dentro dos limites aceitáveis e com o número de estreptococos fecais variando entre 50 e 220 NMP/100ml.

Quanto à presença de metais pesados, verificou-se, em todas as amostras, a concentração de alumínio (entre 0,129 e 0,389 mg/L) acima dos valores estabelecidos para a classe 2. Também foram encontradas concentrações significativas de fosfatos totais em P, variando entre 0,10 e 0,23 mg/L. Acredita-se que esta alta taxa de fosfato se deve às características geológicas da região.

Concentrações de sulfetos estavam presentes em todas as amostras. Entretanto, verificou-se que, no ponto ARM08, os valores de sulfeto não dissociado excederam os limites estabelecidos para a classe.

Nas amostras ARL07 e ARM08, detectaram-se fenóis na concentração de 0,001 mg/L e, na amostra ARM06, óleos e graxas na proporção 0,30 mg/L.

8.5.4.6 - Lago Inferior

Neste lago foi coletada somente uma amostra no ponto ARL09, em 18-11-97 (figura 15). As águas apresentaram-se moderadamente duras (dureza de 119,38 mg/L), com baixo índice de turbidez (4 NTU), com pH próximo da neutralidade (7,56), alcalinidade fraca (71 mg/L) e condutividade elétrica de 369 µmhos/cm.

O teor de oxigênio dissolvido manteve-se acima do limite mínimo estabelecido na amostra coletada. A DBO excedeu o permitido, com a concentração de 6,1 mg/L. Nitrogênio amoniacal e orgânico foram encontrados nas proporções 0,66 e 0,22 mg/L, respectivamente. A concentração de amônia não-ionizável está dentro do limite aceitável (0,01 mg/L).

Quanto às análises bacteriológicas, o número de coliformes totais e fecais (900 NMP/100ml) estão dentro dos limites estabelecidos para a classe 2. Contudo, nessa campanha, o número de estreptococos fecais, da ordem de 1.600 NMP/100ml, e, portanto, superior ao número de coliformes fecais, sugere que há uma contaminação fecal com origem de excrementos de animais.

Foram detectadas concentrações elevadas de fosfatos em P (0,26 mg/L), alumínio (0,132 mg/L) e bário (2,021 mg/L).

Detectou-se a presença de sulfetos com a concentração de 0,04 mg/L, sendo que o valor do sulfeto não dissociado (0,008 mg/L) excedeu os limites estabelecidos.

Óleos e graxas foram encontrados nas amostras na proporção de 0,2 mg/L.

8.5.5 - Conclusões

Os resultados das análises, quando comparados com os padrões definidos pela Deliberação Normativa nº 010/86 - COPAM, indicam que todos os cursos d'água que drenam a região do Barreiro de Araxá não têm atendido aos padrões definidos para a classe 2. Teores significativos de fósforo total foram encontrados em todas as análises, podendo estar associados à litologia local, uma vez que foram também detectados nas amostras de água subterrânea.

As situações mais críticas de poluição foram verificadas nas bacias dos córregos da Mata e Baritina, em decorrência de concentrações significativas de bário e sulfetos não dissociados, possivelmente oriundos de resíduos industriais e de mineração.

O córrego Cascatinha, que sofre diretamente as interferências devido às atividades de extração de fosfato, também apresentou alterações significativas nas concentrações de alguns parâmetros. Cabe destacar que, em todas as amostras, detectou-se a presença de elevadas concentrações de alumínio.

Em quase todos os pontos amostrados verificou-se a ocorrência de contaminação proveniente de material orgânico. Nas situações em que não foi constatada a incidência de fontes potenciais de contaminação, estas podem ter sido originadas por processos naturais, tais como a incidência de folhas, raízes de plantas e organismos mortos, ou mesmo da presença de fezes de animais de criação extensiva. Apesar de que os índices de DBO e nitrogênio amoniacal detectados nas amostras, em alguns casos, tenham apresentado valores pouco acima dos padrões estabelecidos, não caracterizaram necessariamente a contaminação por esgotos domésticos.

8.6 - Considerações Finais e Recomendações

Em função da total ausência de dados hidrométricos dos córregos que drenam o Barreiro de Araxá, é necessário que se opere uma rede hidrométrica nesta região. Para isso, é aconselhável que não só se mantenham as estações fluviométricas já instaladas pela CPRM, mas que novas estações sejam implantadas no alto e médio curso dos córregos.

É necessário que se prossigam as campanhas de medição de vazões, já iniciadas no correr deste trabalho. Recomenda-se que sejam feitas, pelo menos, a cada dois meses.

Cabe ressaltar que a operação desta rede constitui uma tarefa de longo prazo, pois, para que as medidas das variáveis – no caso, cota e vazão – possam produzir resultados, em geral necessita-se de, pelo menos, dez anos de observação.

A operação desta rede, além de fornecer dados sobre o regime hídrico da sub-bacia do Barreiro, certamente subsidiará o levantamento da disponibilidade hídrica daqueles cursos d'água, os quais vêm sofrendo profundas alterações devido às atividades mineradoras. O conhecimento das disponibilidades hídricas evitará futuros conflitos de uso e problemas de escassez de água.

Seria também oportuno a manutenção de uma rede mínima para o monitoramento da qualidade das águas dos lagos e córregos que drenam a região do Barreiro, já que vêm apresentando significativas alterações nos parâmetros de qualidade das águas, bem como concentrações de metais pesados acima dos limites estabelecidos pela legislação vigente. Recomenda-se que a operação desta rede seja de periodicidade trimestral.

Capítulo 9

Hidrogeologia

9.1 - Objetivos específicos

A região apresenta peculiaridades geológicas, principalmente quanto à presença de rochas carbonatíficas, e de intervenções antrópicas decorrentes da ocupação urbana desordenada, mineração de fosfato e mineração e beneficiamento de nióbio, que repercutem no modelo hidrogeológico e na composição química das águas locais. Vários estudos, fundamentados no monitoramento piezométrico e químico realizado desde 1982 pelas empresas mineradoras, procuram discernir e amenizar as consequências causadas pelas suas atividades.

Este estudo procurará descrever os principais impactos causados nas águas pelas atividades antrópicas atualmente desenvolvidas, as atitudes tomadas e a eficácia das medidas mitigadoras. Para tanto, foi realizada uma avaliação das condições anteriores e posteriores à implantação das atividades mineradoras e industriais, a partir de dados históricos, dados do monitoramento físico-químico e piezométrico realizado pelas mineradoras e dos dados levantados no campo durante este estudo. Também, foi realizado um levantamento das captações e da qualidade atual das águas minerais e, ainda, das possíveis repercussões que as minerações possam ter nas águas subterrâneas em exploração.

9.2 - Metodologia

As atividades desenvolvidas para a execução do estudo realizaram-se durante o segundo semestre de 1997. Tiveram início com a consulta aos arquivos do DNPM e FEAM para a localização de dados e estudos referentes às águas minerais e ao monitoramento hidrogeológico da Arafertil e CBMM, sob responsabilidade técnica da ECOS Consultoria desde 1982. A fase posterior consistiu no levantamento de dados em campo e junto aos Departamentos Ambientais das mineradoras para complementar e atualizar dados do monitoramento químico e piezométrico. Durante a fase de campo, inspecionou-se a maioria dos poços de monitoramento, de sangria, de infiltração e, também, dos poços particulares para abastecimento doméstico e fontes hidrominerais. Concomitantemente, mediram-se os níveis, condutividades elétricas, pHs, temperaturas e vazões, quando possível.

A localização dos poços de monitoramento, de infiltração e bombeamento foi obtida das próprias empresas mineradoras através de mapas planialtimétricos na escala 1:5.000. Todos os pontos levantados, inclusive os poços desativados, encontram-se plotados no mapa hidrogeológico, escala 1:10.000.

Além dos poços de abastecimento doméstico (4) e dos poços e fontes de água mineral (6), em funcionamento, foram selecionados 9 poços de monitoramento (piezômetros) e 2 poços de sangria (utilizados no rebaixamento do lençol e esgotamento da pluma contaminante) para a coleta de amostras para análises físico-químicas e microbiológicas. Os parâmetros escolhidos para análise variaram de acordo com a natureza do ponto, sendo que as análises completas foram realizadas nos poços e fontes de água mineral. Foram os seguintes os parâmetros analisados em laboratório: cor, turbidez, resíduo seco, dureza de não-carbonatos, dureza de carbonatos, dureza total, bicarbonatos, carbonatos, cloretos, sulfatos, nitritos, nitratos, cálcio, magnésio, potássio, sódio, manganês, ferro total, alumínio, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo total, fluoreto, fosfato total, lítio, níquel, sílica, zinco, selênio, fenóis, nitrogênio amoniacal e orgânico, coliformes totais e fecais, estreptococos fecais, pseudomonas e bactérias heterotróficas.

As amostras foram coletadas por técnicos da CPRM, seguindo normas da CETESB, e enviadas dentro dos prazos de análise para os laboratórios em Belo Horizonte. As análises físico-químicas

foram feitas no laboratório de Sedimentometria e Qualidade das Águas da CPRM (SECLAB-SUREG/BH) e as análises microbiológicas nos laboratórios da LIMNOS, Biológica e SANEAR.

A etapa final consistiu na sistematização dos dados levantados através de tabelas e gráficos, figuras, elaboração de mapas de ocorrência e vulnerabilidade natural dos aquíferos e elaboração do relatório final.

Para o desenvolvimento do trabalho, foram utilizadas as bases planialtimétricas da CBMM escala 1:5.000, fotografias aéreas escala 1:20.000 pertencentes à CBMM/Arafertil (1984), mapa de pontos d'água da ECOS, dados do monitoramento químico e piezométrico executado pela CBMM nos anos de 1988 a 1997, dados do monitoramento químico e piezométrico da Arafertil dos anos de 1982 a 1997, análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas pela CPRM em 1997 e dados dos poços perfurados durante o projeto PRÓ-ARAXÁ pela T. Janer, de São Paulo, e Aquaterra, de Belo Horizonte. Quanto aos equipamentos de campo, utilizaram-se: medidor de nível (Altronic), GPS (Garmin 45), condutivímetro e pH-metro portáteis (WTW), vasilhames calibrados para medições de vazão, coletores de água para piezômetros em PVC 2" e vasilhames diversos, esterilizados e próprios para armazenamento de amostras.

9.3 - Cadastros de Pontos D'Água

O cadastramento de pontos d'água, a partir dos dados fornecidos pelas empresas mineradoras e levantamento de campo, identificou 131 pontos, entre poços de abastecimento doméstico, de sangria do enclave contaminado, de infiltração de solução neutralizante, de piezômetros de monitoramento químico e níveis piezométricos (alguns de níveis múltiplos), de poços de extração de água mineral e nascentes. O Catálogo Geral de Pontos D'Água, anexo, apresenta um resumo dos dados levantados, onde se encontram as profundidades, os níveis estáticos e dinâmicos, as cotas, vazões e a localização por coordenadas UTM.

O quadro 7 relaciona a natureza dos pontos levantados e os responsáveis pela manutenção e monitoramento. O total de poços inclui os desativados por problemas diversos como obstrução das entradas d'água, perda de eficiência de infiltração, alteração da qualidade, vazões insuficientes, obstrução por lançamento de objetos diversos por transeuntes, avanço de lava, etc.

Natureza do Ponto	CBMM	Arafertil	COMIG/ Superágua	Outros	Total
Poço de Abastecimento	01 (01)	02 (02)	01 (0)	03 (02)	07 (05)
Poço de Sangria	10 (04)	--	--	--	10 (04)
Poço de Monitoramento	52 (43)	31 (15)	--	--	83 (68)
Poço de Infiltração	25 (17)	--	--	--	25 (17)
Poço de Água Mineral	--	--	04 (03)	--	04 (03)
Nascentes	--	01	01	--	02
Total	88 (65)	34 (17)	06 (03)	03 (02)	131 (87)

() Poços em funcionamento

Quadro 7: Cadastramento de pontos d'água do Barreiro

Desde 1982 foram perfurados 121 poços pela CBMM e Arafertil com diversas finalidades, resultantes do convênio PRÓ-ARAXÁ. A grande quantidade de poços em uma pequena área deve-se às exigências dos órgãos ambientais estaduais, de que as próprias empresas avaliassem e remediassem os impactos ambientais causados pelas suas atividades mineradoras e industriais. A maioria foi ou é utilizada no monitoramento e na neutralização do enclave contaminado por cloreto de bário, na área da Barragem B4 e do córrego da Mata. O restante destina-se ao monitoramento do rebaixamento da mina de fosfato.

Os poços de monitoramento e infiltração (108) são revestidos de PVC de 2,5 e 3,0" (6,35 e 7,62 mm, respectivamente), com profundidade máxima de 125,7 m e média de 70,6 m. Alguns são do tipo multiníveis (39 poços), onde as entradas d'água se encontram em diferentes profundidades e isoladas umas das outras. As entradas d'água são seções serrilhadas revestidas de tela, posicionadas nos últimos três metros do revestimento.

Localmente, os poços multiníveis encontram-se identificados por um código próprio de coordenadas e uma letra referente à profundidade, sendo "A" referente à entrada d'água mais profunda e "D" à mais rasa.

A manutenção e a limpeza dos poços de monitoramento são feitas periodicamente somente nos poços pertencentes à CBMM. Para a limpeza, esgota-se o volume dentro da coluna de revestimento por meio de "caçambadas", utilizando-se os próprios coletores de água. Dessa maneira, renova-se a água a ser analisada e, sobretudo, retiram-se as impurezas que se acumulam na base da coluna e que obstruem as entradas d'água.

O poços de sangria totalizam dez, sendo que atualmente somente quatro estão em funcionamento: dois na barragem B4 (foto 23), um na barragem "D" e um no córrego da Mata. São poços de 8" (200 mm), revestidos de aço e com a profundidade média de 135,0 metros (poços da barragem B4).

Todos os poços de monitoramento, infiltração e sangria foram perfurados no manto de intemperismo do Complexo Carbonatítico.

Durante o cadastramento, identificaram-se cerca de 39 poços desativados por motivos diversos e que se encontram abandonados sem terem sido adequadamente cimentados, de maneira a prevenir-se dos riscos de contaminação ao aquífero. O risco reside no fato de que um poço abandonado é um conduto direto entre a superfície e a zona saturada do aquífero.

Dos poços de abastecimento, de um total de sete, cinco estão em funcionamento. Dois poços, atualmente mantidos pela Arafertil, são responsáveis pelo abastecimento do Grande Hotel, das Termas e da população local, incluindo o uso em pequenas irrigações e dessedentação animal. Um poço abastece exclusivamente o Hotel da Previdência (profundidade de 65 m), outro atende ao consumo humano e doméstico da CBMM, e o último abastece esporadicamente a sede da AABB (profundidade de 65 m e n.e. 10,9 m). As vazões de teste e de uso não foram levantadas por falta de dados de perfuração e de condições de medição "in loco".

Os poços de extração de água mineral, atualmente, são quatro. Um é o da fonte Sulfurosa ou Andrade Júnior, situado em frente ao Grande Hotel, que atende às termas e bebedouros de uso público. Os outros três encontram-se no anel verde e são de uso da unidade engarrafadora e, também, atendem aos bebedouros da fonte Beja. A captação da fonte Andrade Júnior é tratada com mais detalhe no item 9.3.2.

Os poços do sistema Beja (01, 02 e 03) são utilizados pela engarrafadora de água mineral, atualmente a SUPERÁGUA (foto 26). São revestidos de aço inox de 6" (152 mm), com profundidade máxima de 55,0 m (média de 42,2 m) e vazões específicas médias de 7,49 m³/h/m.

Atualmente, a água utilizada no engarrafamento é a do poço Beja 03, em substituição ao Beja 02, que apresentou alterações na qualidade da água por microorganismos em meados de 1997, provavelmente decorrentes do processo de limpeza e desenvolvimento a que foi submetido em fevereiro do mesmo ano. A vazão atual do poço é de 10 m³/h, funcionando de 6 a 8 horas/dia.

A água do poço Beja 03 era utilizada somente no processo de limpeza da engarrafadora, juntamente com o poço Beja 01. Todavia, atualmente está sendo engarrafada, até a perfuração de outro poço. A água também é aduzida até o fontanário da fonte Beja, onde é distribuída ao público através de torneiras.

A fonte Beja é uma nascente com cerca de 45 m³/h, captada no próprio local onde foi construído o fontanário, e utilizada essencialmente nos banhos das termas. O item 9.3.1 trata mais sobre o sistema de captação desta fonte.

Outra nascente considerada é a do córrego Cascatinha, que aflora na porção sul da área, em uma região pantanosa. Próximo à nascente, apresenta um volume reduzido de aproximadamente 0,10 m³/h (foto 15). O sistema de drenagem desta bacia é tratado com detalhe no capítulo 8.4.1, de Hidrologia.

9.3.1 - Fonte Dona Beja

A fonte D. Beja situa-se no Parque das Águas, ao sul do Grande Hotel, na margem do Lago Superior (foto 18). A fonte encontra-se no próprio fontanário e foi captada na época da construção das termas, no início da década de 40. É uma água do tipo oligomineral, radioativa - 146,5 unidades Mache (Mourão, 1990, p458), fria (temperatura de 22,7 °C) e resíduo seco de 112,0 mg/l.

A fonte resulta da interseção natural do lençol freático com a topografia. Condições morfológicas do substrato direcionam parte do fluxo subterrâneo para o ponto onde está construída a captação, transformando água subterrânea em água superficial com um volume variável em torno de 45 m³/h (medido pela CPRM em set/97). O restante do escoamento subterrâneo alimenta o Lago Superior (ou do Grande Hotel) e Lago Inferior (ou do Barreiro).

O reservatório da fonte encontra-se sob o pavimento do fontanário e a nascente na base da cascata artificial mantida com água do sistema de poços de abastecimento do Barreiro (fotos 19 e 20). A figura 19 ilustra o sistema de captação da fonte Beja elaborado pela ECOS Consultoria para a medição da vazão, quando teve início o monitoramento da fonte, em 1984.

A água da fonte é proveniente da infiltração de águas pluviais nos terrenos a montante, primordialmente na área da cava da mina da Arafértil e anel verde (figura 23 e foto 22). Possivelmente, parte da recarga é exercida pelas barragens "F", "E", "A" e, recentemente, "G", situadas no anel verde.

As barragens "F", "E" e "A" (fotos 5 e 6) foram construídas no início da década de 80 para acumular a água do rebaixamento da mina, recarregando o aquífero e mantendo o nível freático a jusante, conservando, assim, a vazão da fonte D. Beja.

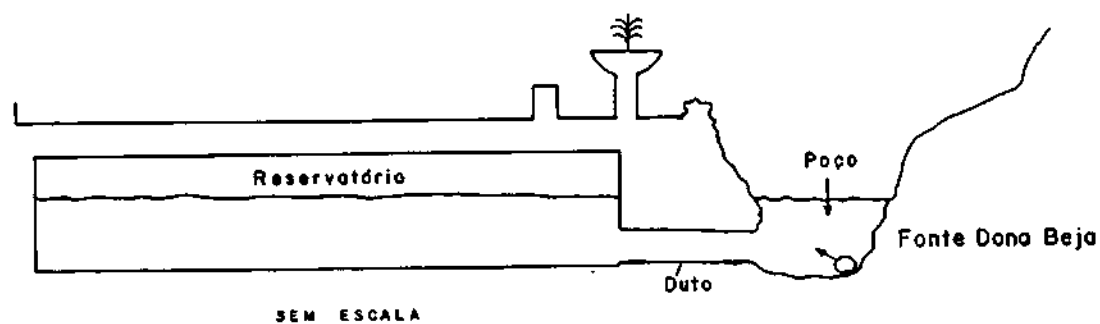
A construção das barragens atingiu os objetivos previstos, mantendo os níveis freáticos a jusante da mina e, principalmente, regulando a recarga da fonte, antes diretamente relacionada com a infiltração pluvial. As obras proporcionaram, inclusive, vazões de descarga acima do nível histórico de 50 m³/h, anterior a 1945 (Magalhães, 1945, p17), como revelam os dados do monitoramento (figura 20).

A vazão medida por técnicos da CPRM em setembro de 1997 (45 m³/h) mostrou valor diferente da medida executada pela Arafértil em 18-09-97 (59,72 m³/h). Esta diferença pode ser decorrente das metodologias adotadas para a medição.

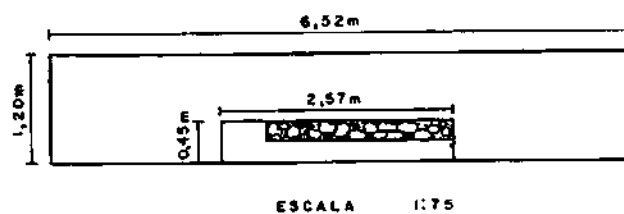
Para a execução da medida efetuada pela CPRM, esvaziou-se o reservatório, abrindo-se os registros das duchas e fechando-se o registro de entrada d'água do sistema de abastecimento do Barreiro que escoava na cascata dentro do fontanário. Após um período de 24 h, efetuaram-se as medidas em uma derivação do sistema de adução às termas (foto 21), fechando-se as saídas para as termas e duchas. Utilizou-se o mesmo tambor de 200 litros normalmente usado e, após 5 medidas, definiu-se o valor médio.

A água da fonte Beja é aduzida até as termas por gravidade, onde é utilizada nos banhos. Uma outra derivação é para as duchas existentes no nível inferior e à frente do fontanário.

PERFIL DO CONJUNTO DE CAPTAÇÃO



DETALHE DO DUTO POÇO/RESERVATÓRIO



DETALHE DO RESERVATÓRIO

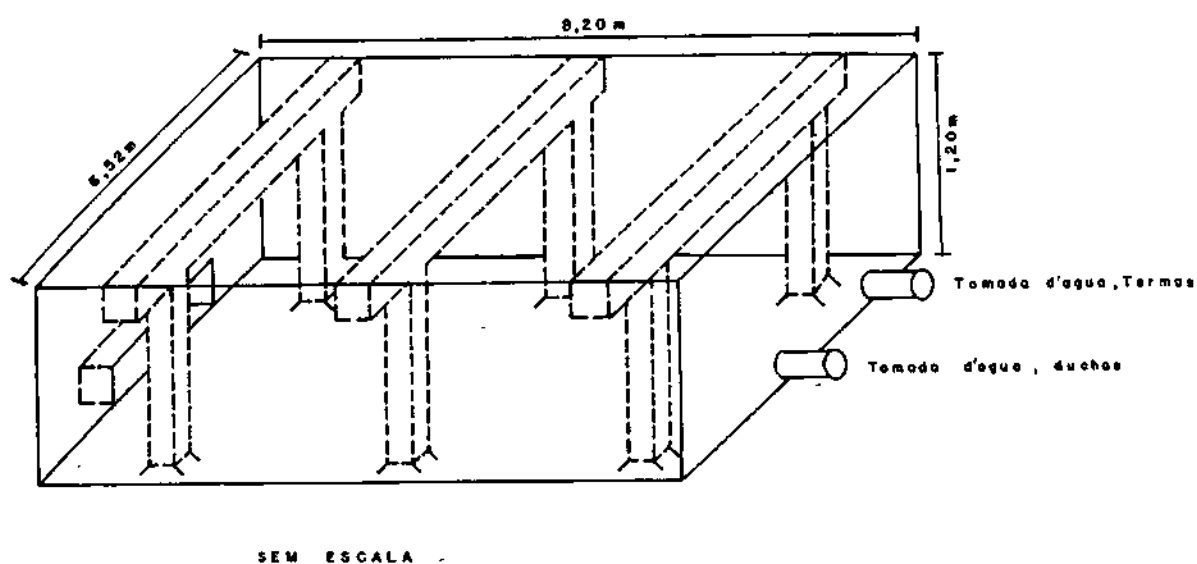


Figura 19 - Sistema de Captação da Fonte D. Beja (Adaptado de Pratini, 1984).

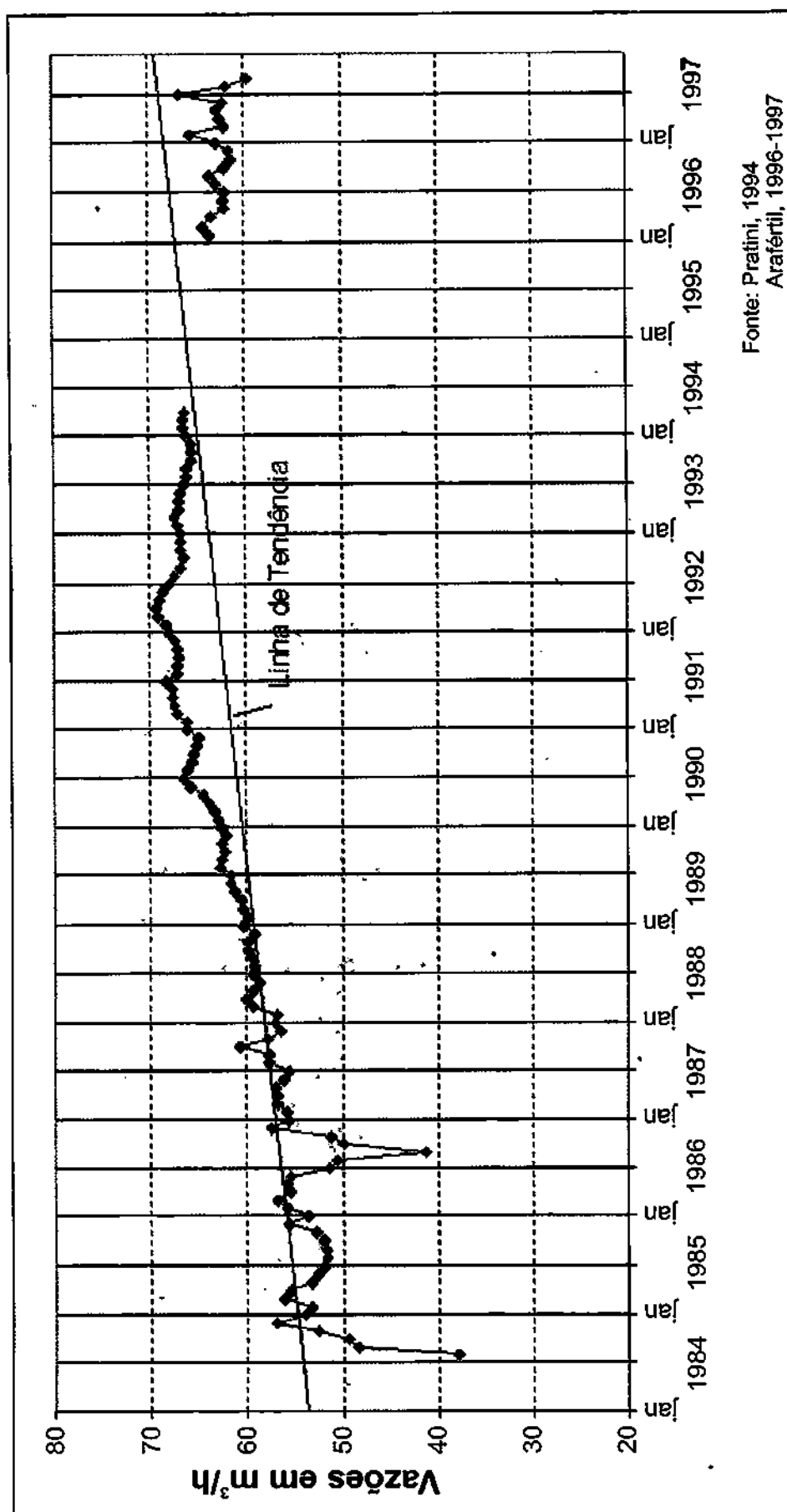


Figura 20 - Vazões da fonte D. Beja (1984-1997).

Atualmente, a água disponível nas torneiras do fontanário, utilizada pelos visitantes e pela população local, é proveniente do poço Beja 03 da SUPERÁGUA, a mesma que está sendo engarrafada. Anteriormente, utilizava-se a água do poço Beja 02, desativado no segundo semestre de 1997 por problemas com a qualidade da água. A água passa por um filtro de celulose do sistema de engarrafamento, antes de ser distribuída ao público.

As águas excedentes do reservatório, das torneiras de uso público, das utilizadas na limpeza do fontanário e dos banhos das duchas são lançadas diretamente no Lago Superior.

9.3.2 - Fonte Andrade Júnior

A fonte Andrade Júnior ou Sulfurosa situa-se em frente ao Grande Hotel, no lago onde se faz a maturação da lama medicinal com água sulfurosa (foto 4). A fonte encontra-se no próprio fontanário, atrás do salão das torneiras de uso público. A água é do tipo alcalino sulfurosa, mesotermal (29,1 °C), radioativa - 44 unidades Mache (Mourão, 1990, p458) e resíduo seco de 3.818,0 mg/l.

A primeira captação foi realizada em 1928 por Andrade Júnior e Carvalho Lopes, que, após estudos detalhados, executaram um furo de sondagem em "uma rocha duríssima de quartzito injetado pela eruptiva anfibolítica" com 33,94 metros de profundidade e uma vazão espontânea de 3,60 m³/h. Um segundo furo, locado a poucos metros do primeiro, apresentou uma vazão espontânea de 1,21 m³/h. Estas novas captações elevaram as vazões, a termalidade e a salinidade das águas (Magalhães, 1945).

Durante o levantamento de campo, identificaram-se duas captações rasas dentro do lago, revestidas de manilhas (o revestimento original poderá estar encoberto), denominadas de Paulo Cherulli (foto 04) e Carvalho Lopes, e somente um poço tubular jorrante situado na sala de máquinas e reservatório, atrás do salão das torneiras de uso público (foto 27).

O poço encontra-se lacrado por um tampão de aço soldado, é revestido de aço de 8" e tem profundidade de 54,0 metros (informação local). Apresenta 5 tomadas d'água na sua coluna de revestimento, que se conectam com o reservatório de 335 m³, de onde a água é bombeada através de bombas helicoidais para as termas e torneiras de uso público. A figura 21 ilustra, de forma esquemática, o sistema de captação e distribuição da fonte Andrade Júnior.

A água é utilizada em banhos, nas termas, e ingerida pelo público, nos bebedouros do fontanário. O excedente do reservatório e dos bebedouros é lançado no lago adjacente, para a maturação da lama medicinal utilizada nos banhos das termas.

A lama é uma argila orgânica extraída de um depósito aluvionar situado na saída norte de Araxá, e deixada em repouso dentro do lago até atingir o estado de maturação, quando, então, é tratada para o uso nos banhos.

A água sulfurosa tem um horizonte de percolação profundo, como indica a temperatura de 32,4 °C determinada na fonte Paulo Cherulli e 29,1 °C na fonte Andrade Júnior (provavelmente a temperatura original é maior, uma vez que a água amostrada foi proveniente do reservatório). A temperatura, neste caso, está associada ao gradiente geotérmico, que cresce cerca de 1 °C a cada 30 m em profundidade (Custódio, 1982 p1069). Como a temperatura média das águas subterrâneas locais situa-se em torno de 23 °C, as águas percolam a uma profundidade acima de 200 metros.

A percolação de água em profundidade adquire a temperatura ambiente e, durante o seu trajeto de ascensão, poderão ocorrer perdas caloríficas acrescidas de misturas com águas de recarga mais próximas da superfície e mais frias. Portanto, a profundidade de percolação das águas sulfurosas poderá ser maior ainda do que os 200 metros inicialmente estimados.

Segundo observações feitas pelos estudos de Andrade Júnior, em 1928, e J. H. Grossi, em 1970, no local onde se encontra o lago de maturação da lama, e próximo à fonte, ocorre um afloramento de "uma brecha de quartzito do anel, venulado por diques, soleiras e veios de carbonatito de grão grosseiro" (Grossi, 1970, p15). O atual poço da captação, provavelmente, foi perfurado nesta rocha, mesmo que não seja o construído e descrito por Andrade Júnior em Magalhães (1945, p15).

Possivelmente, a água é proveniente do aquífero fraturado na rocha carbonatítica. A área de recarga estaria no solo residual do Complexo Carbonatítico (aquífero Barreiro), a montante do Parque das Águas. As águas infiltrantes atingiriam fraturas profundas, em direção ao contato com a rocha quartzítica encaixante, por onde alcançaria a superfície, após solubilizar os minerais sódicos presentes na zona de contato.

Uma outra hipótese, sugerida pela composição química da água (excessivamente rica em sódio e extremamente deficiente em cálcio), seria de que a água, ao invés de atravessar os terrenos do Complexo Carbonatítico, percolasse através das fraturas nos quartzitos fenitizados e intensamente fraturados, preenchidos por minerais sódicos e sulfetos. A percolação poderia dar-se em profundidade, uma vez que o quartzito, nas proximidades da fonte, apresenta espessuras de até 500 metros. Atingindo a zona de contato com as rochas do Complexo Carbonatítico, o escoamento se daria por esta zona, também rica em fenitos, até aflorar em superfície, justamente no contato superficial entre estas duas unidades litológicas, que é bastante próximo de onde se encontra a fonte (figura 22).

9.4 - Unidades Aquíferas

Os aquíferos são do tipo intergranular, livres e semiconfinados no manto de intemperismo das rochas do Complexo Carbonatítico e das rochas encaixantes (quartzitos e xistos), e fraturado livre a confinado nos quartzitos, xistos e nas rochas carbonatíticas frescas.

9.4.1 - Aquífero Intergranular (Barreiro)

O aquífero intergranular, ou do Barreiro, predomina em toda a área de estudo, principalmente na área do corpo carbonatítico com cerca de 2 km de diâmetro. Sua espessura é bastante variável, chegando a atingir 200 metros na porção sul, próximo à mina da CBMM. Ocorre da forma livre e, localmente, pode ser semiconfinado por níveis mais argilosos do manto intemperizado.

Trata-se de um solo residual razoavelmente poroso que, em alguns locais, encontra-se recoberto por uma canga laterítica e também apresenta, localmente, cavidades resultantes da dissolução de carbonatos. O solo origina-se da alteração das rochas do Complexo Carbonatítico e mostra uma coloração vermelho-tijolo. O nióbio e o fosfato (com presença de barita disseminada) são extraídos deste solo residual enriquecido, que apresenta transições mais ou menos contínuas entre um e outro depósito.

Os minerais presentes no manto de intemperismo são, predominantemente: apatita, pandaita (variedade de pirocloro com bário), monazita, goyazita, rutilo, zircão, barita, magnetita, ilmenita, hematita, goetita, quartzo, vermiculita, anatásio, leucoxênio e caulim (Grossi, 1970).

Estudos desenvolvidos por Pratini (1989) definiram que a condutividade hidráulica (permeabilidade) na área da mina de fosfato "não é homogênea, mas razoavelmente isotrópica" e situa-se entre 10^{-6} e 10^{-4} cm/s (predominantemente, 10^{-5} cm/s). O valor encontrado é baixo e é definido para terrenos pouco permeáveis - aquíferos (Custódio, 1983, p473).

Com base nas vazões específicas dos poços do anel verde (média de $7,5 \text{ m}^3/\text{h/m}$), observação da infiltração de água no terreno (bastante rápida) e das respostas da precipitação atmosférica sobre a vazão da fonte Dona Beja, pode-se classificar o aquífero como pobre a bom, com permeabilidade entre 10^{-4} e 10^{-2} cm/seg. Esta é somente uma primeira aproximação, sendo necessários maiores estudos para se definir os valores reais.

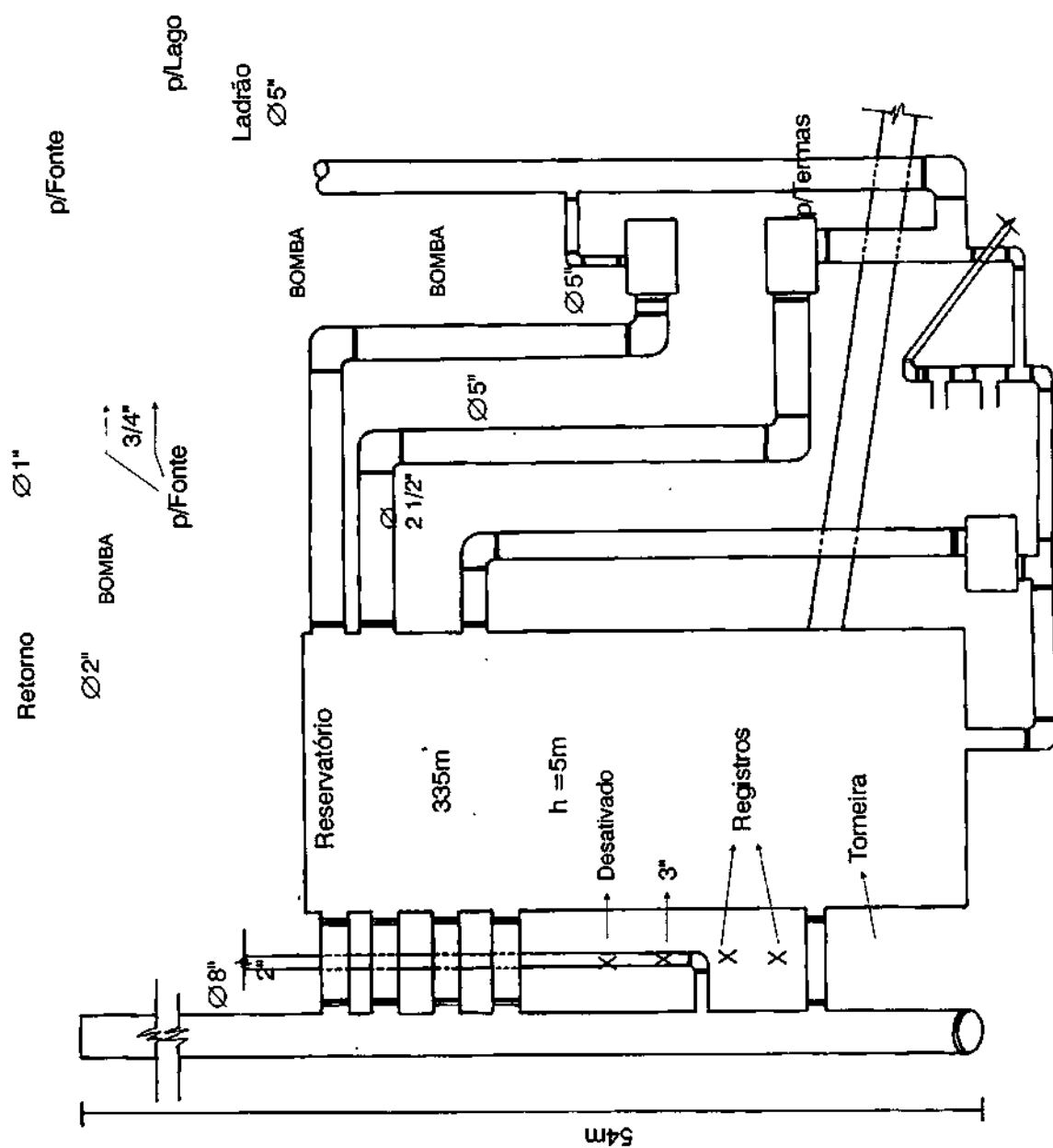


Figura 21 - Ilustração esquemática do sistema de captação e distribuição da Fonte Andrade Júnior.

Chuvas

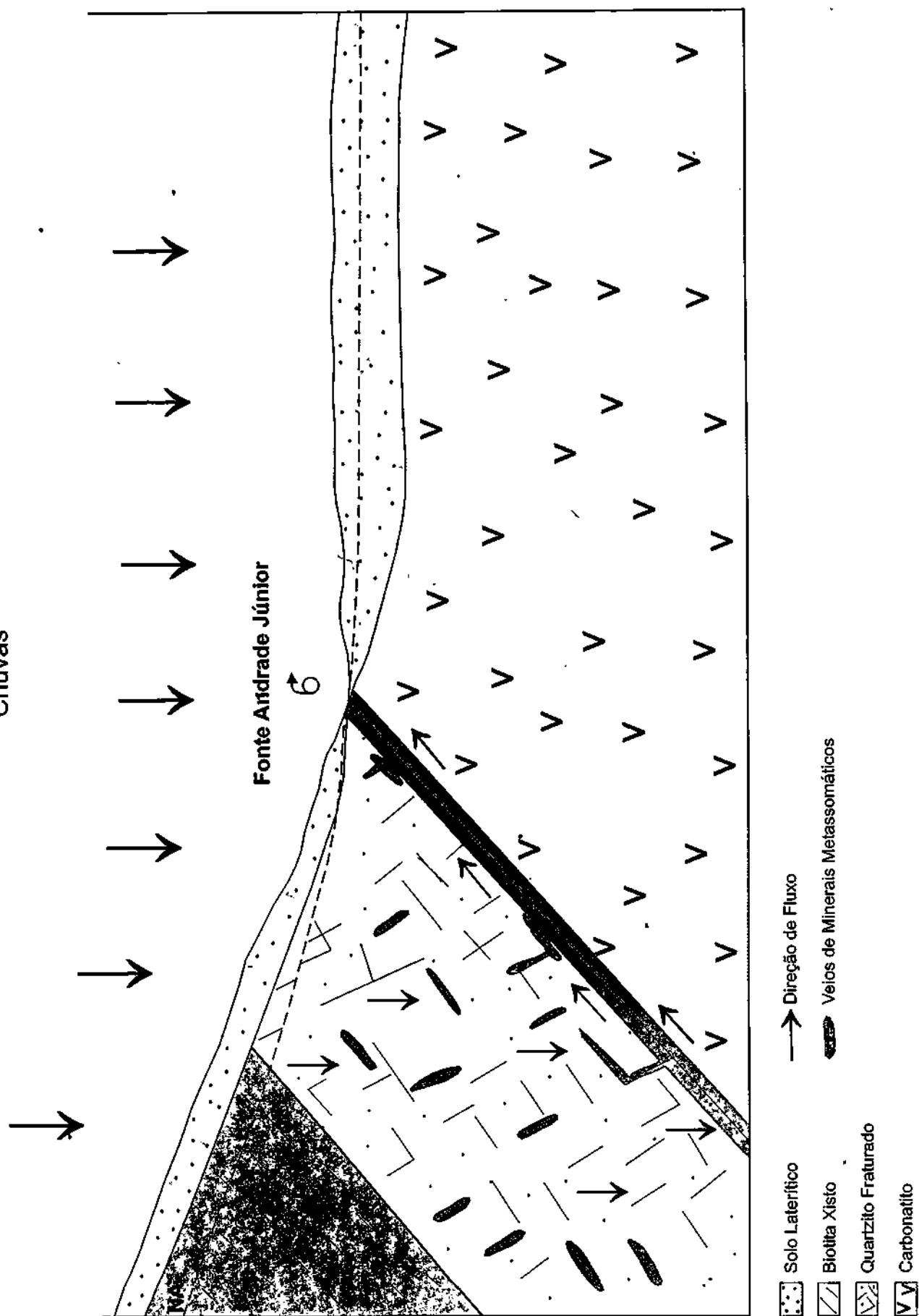


Figura 22 - Modelo hidrogeológico da Fonte Andrade Júnior.

Genericamente, a recarga se dá por infiltração pluvial direta nas áreas topograficamente mais elevadas e escoar em subsuperfície por linhas de fluxo convergentes até o nível de base, ou zona de descarga, que são os Lagos Superior e Inferior (Lago do Grande Hotel e do Barreiro), na área do Parque das Águas (figura 23). A recarga, também, verifica-se nas proximidades do anel verde e do Parque das Águas pela infiltração pluvial e pela infiltração das águas acumuladas nos lagos das barragens "E", "F", "A" e, recentemente, "G".

Os níveis encontram-se a profundidades variáveis, desde aflorante na superfície, nas proximidades do Lago Superior (fonte Dona Beja), até profundidades em torno de 97,0 metros, medidas no piezômetro 86 (278/657) em nov/97, a leste da mina da Arafertil.

O quadro 8 mostra as cotas piezométricas máximas e mínimas medidas no período de jun/1989-jun/1997 em todos os poços monitorados. A cota máxima foi medida no poço 114, em 1997, e a mínima no poço 10, em 1989 (atualmente encontra-se desativado).

	Máximo	Mínimo	Média	Número de medidas
N. A. (m)	1.108,50	956,3	1.017,89	3.975

Quadro 8: Cotas piezométricas medidas no período de 1989-1997 nos poços do aquífero Barreiro.

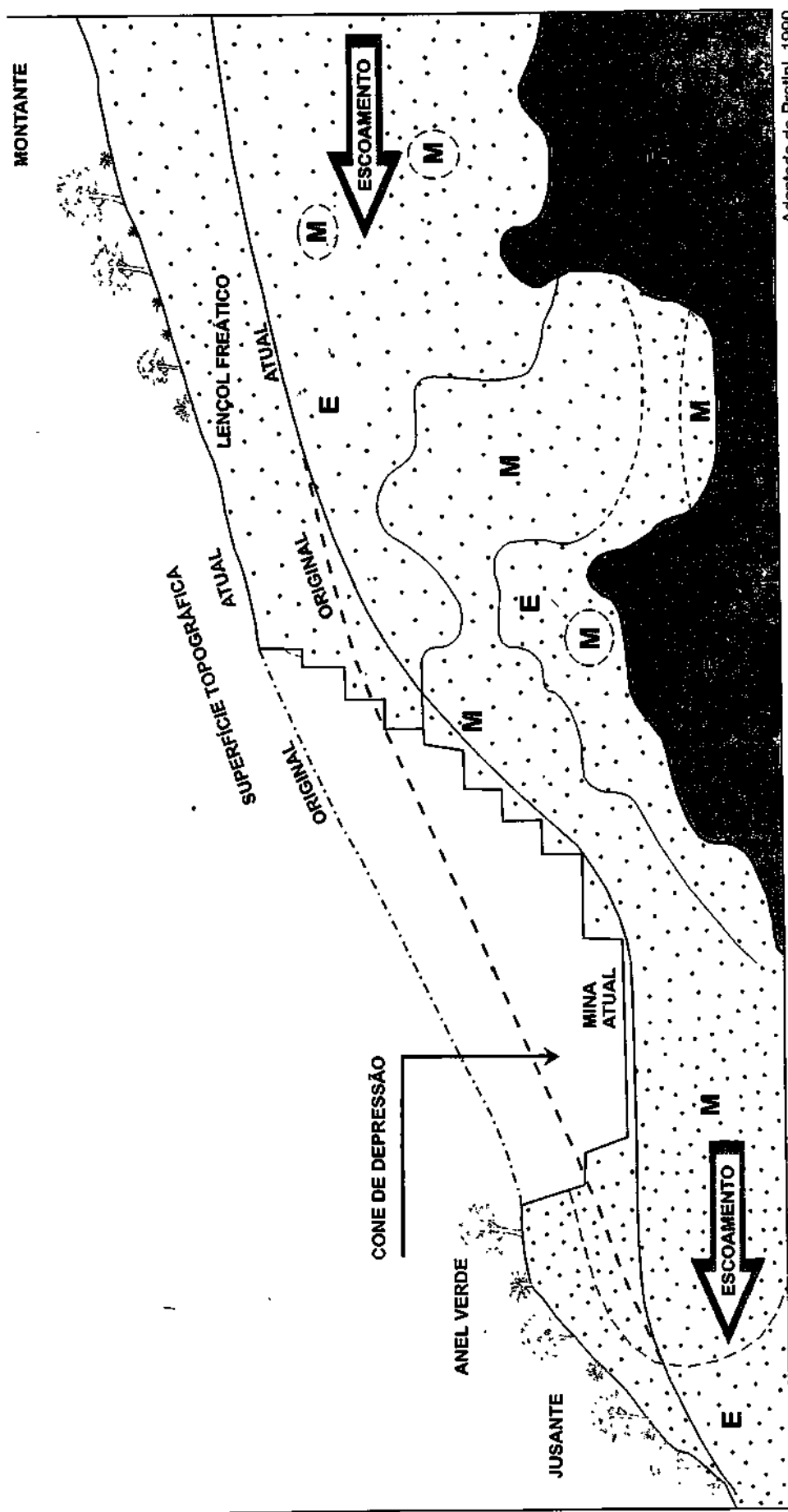
Para a extração do fosfato, na mina da Arafertil, é necessário o rebaixamento do lençol freático, que é feito através de um eficiente sistema de drenagem – com drenos escavados ao longo das bancadas (foto 10) e direcionados por meio de drenos-mestre às barragens "F" e para a recentemente construída, "G", onde parte da água é novamente infiltrada no aquífero, mantendo o nível freático a jusante da mina. O sistema de drenagem cria um cone de depressão do nível freático original, principalmente na direção sul, a montante e lateralmente à mina, favorecendo o avanço da lava.

A figura 24 ilustra, através de uma seção esquemática, as alterações das linhas de fluxo subterrâneo ocorridas durante a implantação da mina para extração do minério de fosfato.

Devido à contaminação por bário na barragem de efluente B4, uma das principais áreas de recarga do aquífero, a dinâmica de fluxo subterrâneo a jusante teve de ser alterada de maneira a anular o avanço do "front" de contaminação em direção ao parque das Águas. Para tanto, foram perfurados cerca de 10 poços de bombeamento contínuo (4 na barragem B4, 2 na barragem "D" e 4 na área do córrego da Mata, próximo ao Parque das Águas) para o rebaixamento do lençol freático e esgotamento da pluma contaminada por bário.

Atualmente, a bateria de poços encontra-se reduzida a dois poços na barragem B4 (foto 23), um na barragem "D" e um próximo ao Parque das Águas, que, juntos, extraem cerca de 180 m³/h continuamente.

O bombeamento incessante da bateria de poços criou um cone de depressão que impediu o avanço da pluma, principalmente próximo à barragem B4 e ao longo do córrego da Mata. A desativação do bombeamento dos poços, ocorrida em 1989, teve como consequência o aumento do teor de bário em vários poços monitorados nesta área (Pratini, 1995). Isso demonstrou a importância da alteração do regime de fluxo criado pelo bombeamento contínuo, podendo, inclusive, o volume bombeado vir a ser aumentado, por meio de novos poços estrategicamente locados, de modo a convergir o fluxo para zonas de esgotamento do enclave contaminado.



Adaptado de Pratini, 1990

Figura 23 - Seção esquemática na área da mina de fosfato (E=estéril, M=minério, R=rocha).

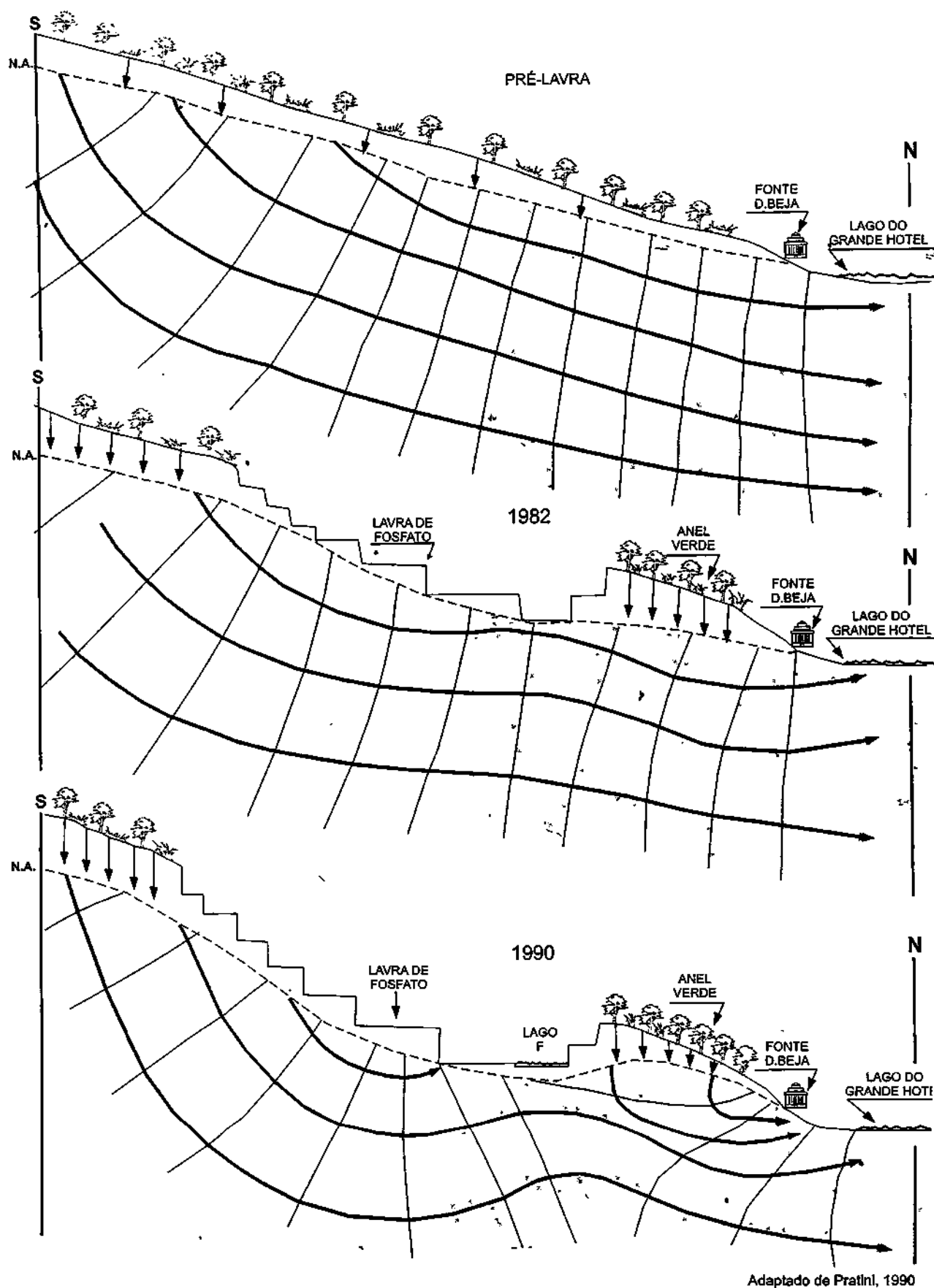


Figura 24 - Esboço das alterações do fluxo subterrâneo decorrente da mina de fosfato a montante do Lago Superior.

9.4.2 - Aquífero Fraturado

O aquífero fraturado ocorre nas rochas encaixantes, em torno do Complexo Carbonatítico, e nas próprias rochas do Complexo, encoberto pelo manto de intemperismo. O aquífero é do tipo livre a semiconfinado (nos baixos topográficos). Os aquíferos são do tipo intergranular, livres e semiconfinados no manto de intemperismo das rochas do Complexo Carbonatítico e das rochas encaixantes (quartzitos e xistos), e fraturado livre a confinado nos quartzitos, xistos e nas rochas carbonatíticas frescas.

A litologia das rochas encaixantes são quartzitos e xistos, sendo que se destaca o aquífero existente nos quartzitos, pois esta rocha encontra-se intensamente fraturada, em decorrência da intrusão plutônica. Para efeito deste estudo, será tratado como aquífero fraturado o existente nas rochas quartzíticas.

O quartzito forma um anel envolvendo o carbonatito, com espessura de 100 a 600 metros. A rocha encontra-se bastante fraturada e parte das fraturas encontram-se preenchidas por minerais do processo de metassomatismo da intrusão alcalina.

São poucos os dados referentes à produtividade do aquífero. Todavia, avaliando-se os poços 120, 121, 127 e 129 (fonte Andrade Júnior) e o tipo de fraturamento a que a rocha foi submetida, como se observa nos afloramentos do quartzito, trata-se de um aquífero com um bom potencial, podendo proporcionar vazões da ordem de 10 m³/h e níveis estáticos com profundidades de 10 a 30 m. A espessura do aquífero pode atingir até 600m.

A recarga se dá, predominantemente, por infiltração direta de águas de precipitação atmosférica, nos poucos pontos de afloramento, e por contribuições da infiltração de águas do solo residual que o recobre. O fluxo apresenta-se em várias direções, uma vez que o corpo é circular e apresenta diferentes altitudes.

Na área do Parque das Águas, a recarga, possivelmente, se dá na área do loteamento Alto Paulista e do Hotel Colombo, com o fluxo tendendo para nível de base, que é o Lago Inferior (do Barreiro). A percolação da água pode atingir grandes profundidades, em razão do fraturamento do quartzito decorrente da intrusão alcalina.

O volume potencial explotável deste aquífero deverá ser estabelecido através de estudos específicos, evitando-se a superexploração, que comprometerá a quantidade e qualidade das águas atualmente disponíveis.

A zona de contato entre o quartzito e o carbonatito pode apresentar uma permeabilidade apreciável, e ser a responsável pela percolação e mineralização da água da fonte Andrade Júnior, como é tratado no item 9.3.2.

9.5 - Hidroquímica

O estudo hidroquímico baseou-se nas análises físico-químicas realizadas para este estudo pela CPRM, em setembro e dezembro/97, e as realizadas pela Arafertil e CBMM no período de 1989 a junho de 1997.

Os parâmetros analisados no monitoramento químico da CBMM e Arafertil restringem-se a: bário, sódio, cloreto, condutividade e pH. Os parâmetros analisados pela CPRM para este estudo foram os íons principais (HCO₃, CO₃, SO₄, Cl, NO₂, NO₃, Ca, Mg, Na, K, Fe e Mn), metais (Al, As, Cd, Cr, Pb, Ni, Ba, Zn, Li e Se), nitrogênio amoniacal e orgânico e microbiológicos (bactérias heterotróficas, pseudomonas, coliformes fecais e totais e estreptococos fecais).

Os resultados do monitoramento não estão completos, pois foram obtidos, em parte, dos arquivos da Prefeitura Municipal de Araxá, e outra parte dos dados disponibilizados pelas mineradoras e, também, alguns dados existentes nos arquivos da FEAM, havendo, portanto, algumas descontinuidades no período analisado.

Como parte deste estudo, realizou-se um total de 33 coletas para análise físico-química e/ou bacteriológica de diversos parâmetros em 19 pontos, sendo que 6 foram de fontes hidrominerais (fonte D. Beja, sistema Beja de engarrafamento, fonte Andrade Júnior e Paulo Cherulli). Todos os resultados encontram-se no Catálogo Geral de Análises Físico-Químicas, disponível para consulta na CPRM - Superintendência Regional de Belo Horizonte.

9.5.1 - Composição

As águas naturais do aquífero Barreiro (inclusive as minerais) são do tipo bicarbonatadas cálcicas (figura 25, pontos 50, 51, 67, 80, 117, 118, 119, 123, 128 e 130), oligominerais, radioativas (146,5 unidades mache - fonte Beja in Mourão, 1990), pouco mineralizadas (resíduo seco médio de 120,6 mg/l) e pH alcalino a levemente ácido (média de 7,31).

As principais características físico-químicas obtidas pelas análises da CPRM nas águas do aquífero Barreiro encontram-se no quadro 9-A e 9-B. Foram relacionados todos os pontos, inclusive os do enclave contaminado.

No quadro 10, os resultados máximos, mínimos, médios e o desvio padrão das amostras fora do enclave contaminado refletem limites prováveis das águas naturais do aquífero.

As águas naturais apresentam temperaturas médias de 22,9 °C, resíduo seco entre 66,7 e 170,0 mg/l, dureza total entre 30,2 e 117,6 mg/l e pH entre 6,09 e 8,90.

Quanto aos íons principais, predominam o bicarbonato e cálcio, podendo ocorrer algum cloreto, possivelmente, na zona de interface (zona de diluição) com a pluma contaminante.

Em relação aos outros elementos menores, destaca-se o fosfato total, que é encontrado com valores entre 0,13 e 3,00 mg/l, e média de 0,68 mg/l (em mg/l de P). São valores altos em relação às águas naturais e são devido à presença do mineral apatita que se encontra disseminado nas rochas locais. Estudo realizado na região de Sete Lagoas (Beato, 1996) identificou teores de até 1,37 mg/l de fosfato total em P (média de 0,06 mg/l) em rochas calcárias e, também, relacionados a veios de apatita.

A sílica ocorre com valores entre 4,71 e 10,37 mg/l e média de 6,54 mg/l e nitrogênio amoniacal médio de 0,18 mg/l. O teor de bário situa-se entre 0,50 e 2,03 mg/l (média de 1,35 mg/l), e será tratado com detalhe no item 9.5.2.

É bastante provável que a alta radioatividade encontrada nas águas da fonte D. Beja (146,5 unidades mache - Mourão 1990) também seja encontrada nas outras águas do aquífero. Isto devido à presença de minerais radioativos como urânio, tório e monazita, na rocha carbonatítica.

As águas provenientes do enclave contaminado são, predominantemente, do tipo cloretadas cálcicas (figura 25, pontos 12, 37, 54 e 126), consequência da introdução da solução contaminante (aporte de cloretos).

Com base em quatro pontos amostrados pela CPRM, dispersos na área do enclave (pontos 12, 37, 54, e 126), as águas apresentam temperatura média de 24,2 °C, pH entre 5,69 e 6,44; condutividade elétrica entre 1.014,0 e 3.160,0 mS/cm, resíduo seco entre 760,0 e 2.535,0 mg/l, dureza total entre 258,4 e 915,9 mg/l, cloretos entre 264,9 e 929,7 mg/l e bário entre 14,04 e 44,73 mg/l. O quadro 11 apresenta os resultados estatísticos das análises realizadas nas águas da zona da pluma contaminante.

Alguns pontos, apesar de estarem situados bastante próximos do enclave (ponto 24 e 123 - Hotel da Previdência), não apresentaram teores de águas contaminadas, indicando que a pluma se desloca em outra direção.

Os resultados do monitoramento químico, executado pela CBMM e Arafertil, exclusivamente no aquífero Barreiro, mostraram valores bastante diferenciados de acordo com a origem das amostras, uma vez que o monitoramento também é feito no entorno da pluma contaminante.

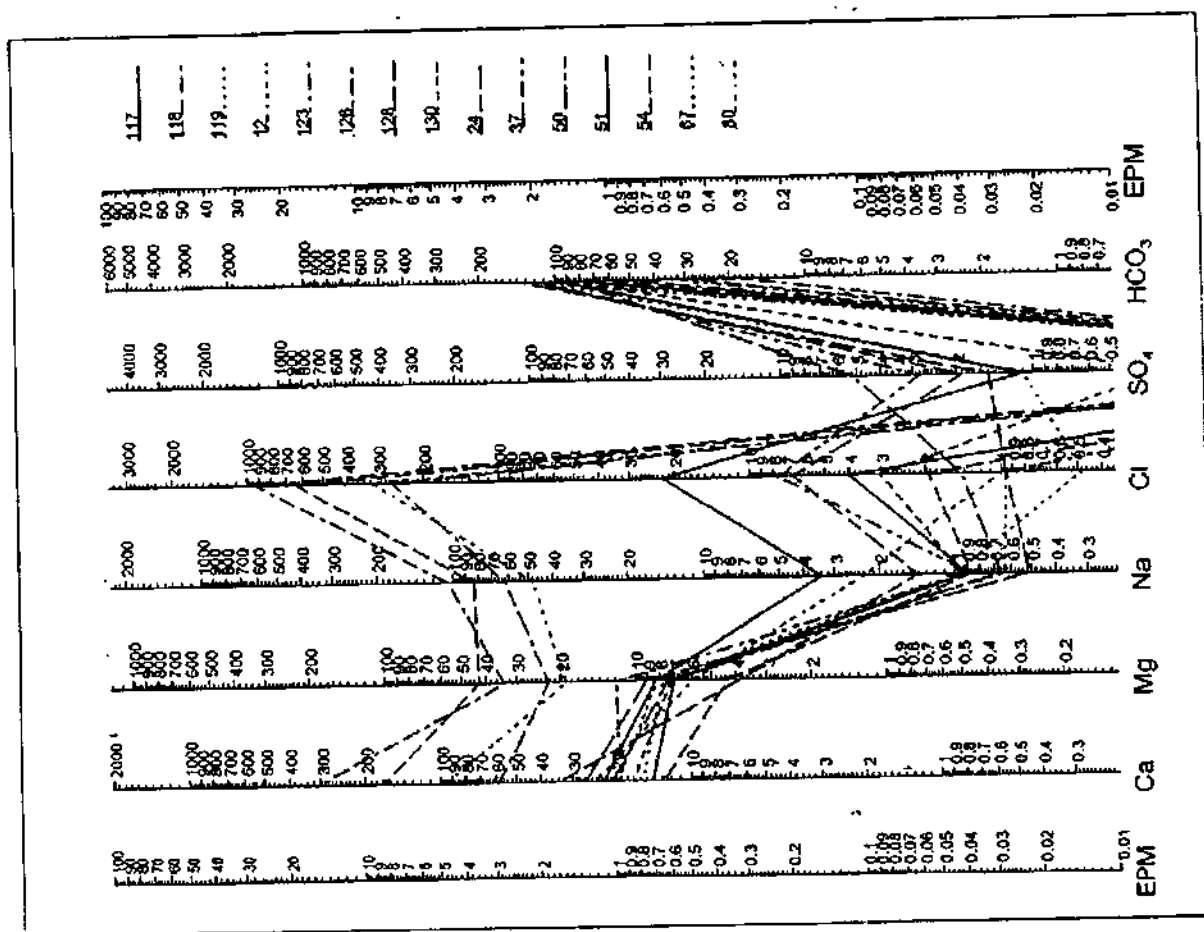
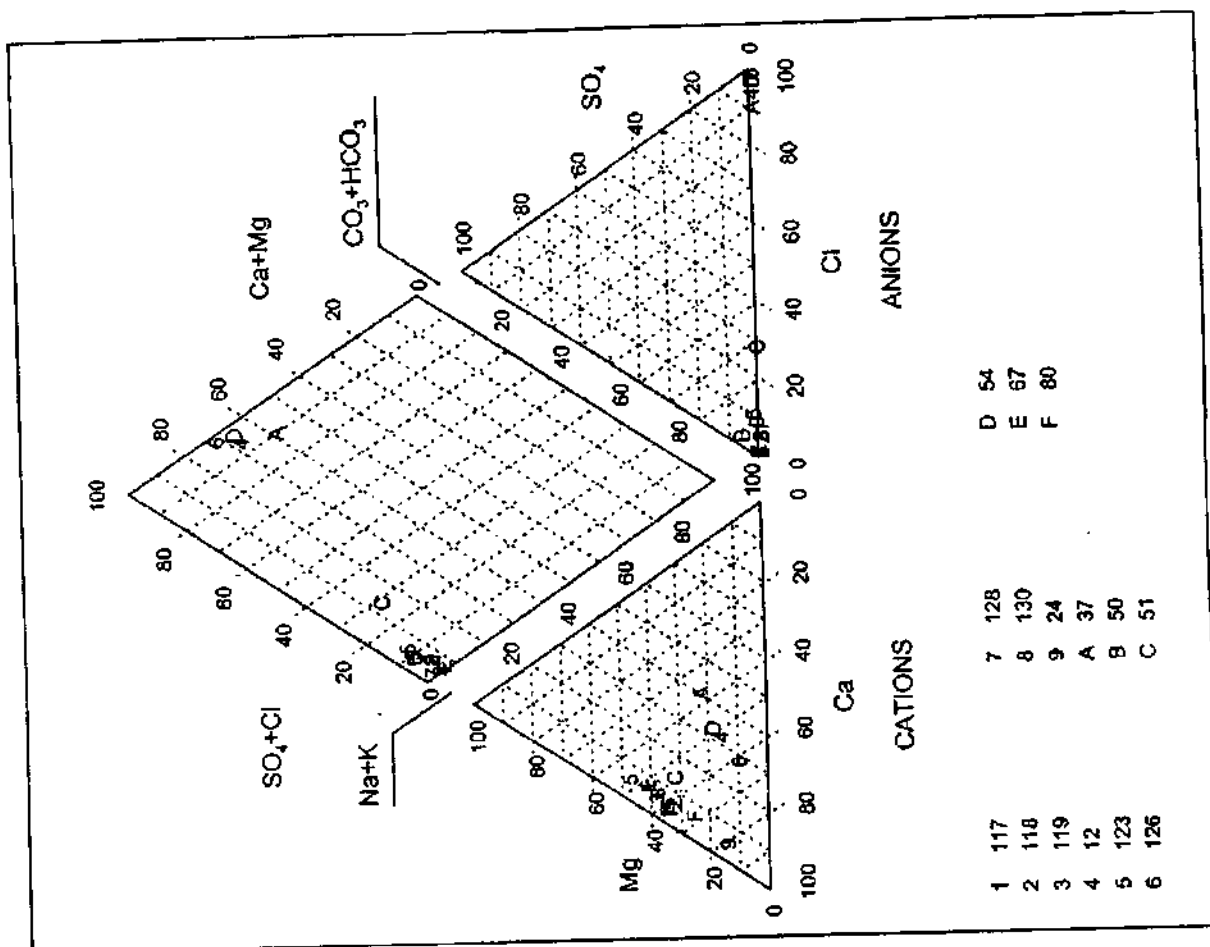


Figura 25 - Diagramas de Schoeller e Piper das águas do aquífero Barreiro.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	NÚMERO DO PONTO											
	12	24A	37	51-A	54-A	54-D	67	73	75	80-B	80-C	
Local	PB 4 - 2	128/496 - A	157/510	190/460 A	193/503 - A	193/503 - D	210/440	217/405	230/480	250/540 - B	250/450 - C	
Natureza	Poço Tubular	Piezômetro	Piezômetro	Piezômetro	Piezômetro	Piezômetro	Piezômetro	Piezômetro	Piezômetro	Piezômetro	Piezômetro	
Data	8/12/97	08/12/97	8/12/97	24/9/97	08/12/97	08/12/97	25/9/97	25/9/97	25/9/97	25/9/97	25/9/97	
Temperatura °C (in loco)	22,60	24,5	25,1	22,0	24,2	24,2	22,3	24,30	22,4	23,3	23,1	
Turbidez	0,4											
Cor												
pH	8,11	7,71	6,44	8,90	5,94	5,87	7,36	6,85	6,09	7,24	7,14	
Condut. Elétrica (µS/cm a 25 °C)	1209	215	1014	228,00	2210	2280	187,60	71,3	74,40	175,3	185,6	
Resíduo Seco (180°C)	1.112,00	123,00	760,00	170,00	1725,00	2139,00	149,00		96,00	145,0	136,00	
Dureza de não Carbonatos (mg/l)	304,80		216,40									
Dureza de Carbonato (mg/l)	28,00		42,00									
Dureza Total (mg/l CaCO ₃)	332,80	100,86	258,40	110,40	560,88	602,84	92,40		30,20	87,0	91,20	
Unidades	mg/l meq/l	mg/l meq/l	mg/l meq/l	mg/l meq/l	mg/l meq/l	mg/l meq/l	mg/l meq/l	mg/l meq/l	mg/l meq/l	mg/l meq/l	mg/l meq/l	
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	34,16 0,560	122,00 2,001	48,92 0,802	86,38 1,581	31,72 0,520	29,28 0,480	106,75 1,751		17,08 0,280	103,70 1,701	102,40 1,679	
Carbonato (CO ₃ ⁼)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		ND	ND	ND	
Cloretos (Cl ⁻)	314,90 8,88	6,73 0,19	264,92 7,47	22,11 0,62	624,81 17,62	644,80 18,18	0,48 0,01		7,21 0,20	1,00 0,03	2,00 0,06	
Sulfatos (SO ₄ ⁼)	ND	1,90 0,04	ND	1,10 0,02	ND	ND	1,10 0,02		1,90 0,04	ND	ND	
Nitratos (NO ₃ ⁻)	0,003 0,000	0,019 0,000	0,003 0,000	0,001 0,000	0,010 0,000	0,007 0,000	0,001 0,000		<0,001	<0,001	<0,001	
Nitratos (NO ₃ ⁻)	1,24 0,020	0,48 0,008	1,49 0,024	0,78 0,013	2,72 0,044	2,48 0,040	0,48 0,008		1,37 0,022	0,94 0,015	1,00 0,016	
Total	9,460	2,238	8,297	2,240	18,184	18,704	1,795		0,545	1,744	1,752	
Cálcio (Ca ⁺⁺)	96,83 4,842	34,01 1,701	58,78 2,939	22,56 1,128	154,83 7,742	171,09 8,555	15,62 0,781		7,79 0,390	24,87 1,244	16,32 0,816	
Magnésio (Mg ⁺⁺)	19,05 1,574	3,87 0,320	22,38 1,849	8,340 0,689	42,32 3,496	42,65 3,523	7,80 0,644		0,26 0,021	5,93 0,490	5,60 0,463	
Sódio (Na ⁺)	48,22 2,098	1,42 0,062	62,08 2,700	3,380 0,147	84,13 3,660	83,27 3,622	0,99 0,043		5,79 0,252	2,31 0,100	5,14 0,224	
Potássio (K ⁺)	34,51 0,863	1,35 0,035	18,48 0,473	4,880 0,125	87,50 2,240	86,84 2,223	2,19 0,056		0,23 0,006	0,64 0,016	0,69 0,018	
Ferro Total (Fe ₂ + Fe ₃)	0,063 0,003	0,482 0,022	0,020 0,001	0,309 0,014	0,481 0,022	7,644 0,342	0,373 0,017		0,000 0,000	0,860 0,039	0,000 0,000	
Manganês (Mn ⁺⁺)	0,011 0,001	0,406 0,034	ND	0,068 0,006	0,053 0,004	0,745 0,033	0,126 0,010		0,669 0,033	1,098 0,044	1,520 0,061	
Total	9,400	2,172	7,962	2,108	17,163	18,299	1,552		20	8	14	
% de erro da análise	1	3	4	6	6	2	15		20	8	14	
Alumínio (mg/l Al)	0,030	0,096	0,032		0,119	1,616						
Anidrido Carbônico (mg/l CO ₂)												
Arsênio (mg/l As)	<0,010	0,981	14,041	2,009	44,727	45,997	1,387		2,031	0,980	0,999	
Bário (mg/l Ba)	14,490		ND									
Cádmio (mg/l Cd)												
Chumbo (mg/l Pb)			<0,003									
Cobre (mg/l Cu)	0,004											
Cromo Total (mg/l Cr)												
Fluoreto (mg/l F)	0,18	0,31	0,20	0,15	0,18	0,21	0,25		0,37	0,35	0,30	
Fosfato total em P (mg/l)	0,16	0,57	0,38	0,24	0,48	1,94	0,80		3,00	0,37	0,33	
Lítio (mg/l Li)												
Silica (mg/l Si)	6,663	5,958	7,236		4,328	11,694						
Zinco (mg/l Zn)			ND									
Selênio (mg/l Se)			708,00									
Sólidos Dissolvidos (mg/l)	849,00											
Fenóis (mg/l Fn)	ND											
Nitrog. Amomiacal (mg/l N)	2,45		0,89									
Nitrog. Orgânico (mg/l N)	ND		ND									

Quadro 9 - B: Principais características físico-químicas das águas do aquífero Barreiro, analisadas pela CPRM em 1997.

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	NÚMERO DO PONTO																							
	117	117	118	118	118	119	119	119	123	126	128	130												
Local	Beja 01	Beja 01	Beja 02	Beja 02	Beja 02	Beja 03	Beja 03	Beja 03	Hotel Providência	PB - D2	CBMM	Fonte Beja												
Natureza	Poço Tubular	Poço Tubular	Poço Tubular	Poço Tubular	Poço Tubular	Poço Tubular	Poço Tubular	Poço Tubular	Poço Tubular	Poço Tubular	Poço Tubular	Nascente												
Data	31/7/97	22/9/97	31/7/97	22/9/97	09/12/97	31/7/97	22/09/97	09/12/97	09/12/97	09/12/97	08/12/97	23/8/97												
Temperatura °C (in loco)	22,7	23,00	22,5	23,8	23,8	22,9	23,0	23,4	23,5	24,9	22,0	22,7												
Turbidez	0,4	2	0,3	2	5	0,4	2	2	1	0,4	0,3	0,6												
Cor	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	7,81	7,00												
pH	7,80	7,10	7,43	8,57	8,64	8,24	7,49	7,49	7,54	5,69	214	155,8												
Condut. Elétrica (uS/cm a 25 °C)	149,90	153,80	125,20	120,30	109,90	173,50	176,30	178,40	212	3160	126,00	112,00												
Resíduo Seco (180°C)	98,00	106,00	75,00	86,00	39,00	107,00	125,00	77,00	95,00	2.535,00														
Dureza de não Carbonatos (mg/l)	3,80		0,00			6,40			2,27	900,87														
Dureza de Carbonato (mg/l)	70,00		66,00			88,50			95,00	15,00														
Dureza Total (mg/l CaCO ₃)	73,80	14,00	66,00	64,80	49,95	94,90	88,00	83,14	97,27	915,87	117,60	78,00												
Unidades	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l												
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	85,40	1,401	82,35	1,351	70,15	1,150	67,10	1,100	59,78	0,980	107,97	1,771	109,80	1,801	112,24	1,841	115,90	1,901	18,30	0,300	134,80	2,211	89,06	1,461
Carbonato (CO ₃ ⁼)	0,00	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,00	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cloratos (Cl ⁻)	3,57	0,10	4,00	0,11	1,53	0,04	2,00	0,06	1,92	0,05	1,02	0,03	ND	ND	0,96	0,03	7,69	0,22	929,71	26,22	0,96	0,03	3,00	0,08
Sulfatos (SO ₄ ⁼)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,40	0,03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nitratos (NO ₃ ⁻)	ND	0,007	0,000	ND	<0,001	ND	ND	ND	0,001	0,00	<0,001	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nitratos (NO ₃ ⁻)	0,17	0,003	0,22	0,004	0,13	0,002	0,14	0,002	0,15	0,002	0,11	0,002	0,11	0,002	0,17	0,003	0,09	0,001	4,00	0,054	ND	ND	0,19	0,003
Total	1,504	1,467	1,230	1,174	1,037	1,830	1,802	1,871	2,177	26,583	2,289	1,554												
Cálcio (Ca ⁺⁺)	14,19	0,710	14,17	0,709	12,41	0,621	14,76	0,738	12,88	0,644	18,76	0,938	16,94	0,847	18,66	0,983	19,10	0,955	311,54	15,577	26,81	1,341	17,00	0,850
Magnésio (Mg ⁺⁺)	6,95	0,374	7,01	0,379	4,90	0,405	4,99	0,412	4,32	0,357	8,15	0,473	7,87	0,450	8,27	0,463	12,04	0,595	33,50	2,767	9,07	0,749	7,28	0,401
Sódio (Na ⁺)	0,86	0,037	0,89	0,039	0,99	0,043	0,39	0,017	0,86	0,037	0,67	0,029	0,59	0,026	0,64	0,028	0,87	0,038	104,73	4,556	0,51	0,022	0,94	0,041
Potássio (K ⁺)	2,23	0,057	1,88	0,048	1,23	0,031	1,13	0,029	1,08	0,028	2,55	0,065	2,05	0,052	2,13	0,055	2,72	0,070	100,30	2,568	1,90	0,049	2,16	0,055
Ferro Total (Fe ₂ + Fe ₃)	0,009	0,000	0,019	0,001	0,009	0,000	0,013	0,001	0,000	0,016	0,001	0,002	0,001	0,000	0,031	0,001	0,006	0,000	0,066	0,003	0,273	0,012	0,005	0,000
Manganês (Mn ⁺⁺)	ND	0,004	0,000	ND	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	ND	0,004	0,000	0,004	0,000	0,000	ND	0,000	ND	<0,003	ND	ND	ND	ND	ND
Total	1,378	1,376	1,100	1,197	1,066	1,708	1,577	1,748	2,068	25,468	2,163	1,560												
% de erro da análise	9	6	11	2	3	7	13	7	6	4	5	0												
Alumínio (mg/l Al)	<0,010		<0,010			<0,010																		
Anidrido Carbônico (mg/l CO ₂)	2,40		4,50			ND																		
Arsênio (mg/l As)	ND		ND			ND																		
Bário (mg/l Ba)	1,445	1,525	0,524	0,489	0,494	1,096	1,792	1,202	1,484	36,101	1,106	1,619												
Cádmio (mg/l Cd)	ND		ND			ND																		
Chumbo (mg/l Pb)	ND		<0,02			ND																		
Cobre (mg/l Cu)	<0,003		ND			<0,005																		
Cromo Total (mg/l Cr)	<0,005		0,008			0,28	0,28		0,22	0,41	0,10	0,25												
Fluoreto (mg/l F)	0,23		0,24			0,14	0,12	0,13	0,06	0,14	0,16	0,40												
Fosfato total em P (mg/l)	0,37	0,38	0,90	0,88	1,08	0,14	0,12	0,13	<0,02	<0,02	10,372													
Lítio (mg/l Li)	<0,10		<0,10			5,813			11,048	5,485														
Silica (mg/l Si)	5,273		4,711			0,005																		
Zinco (mg/l Zn)	0,008		ND			ND																		
Selênio (mg/l Se)	ND		ND			97,00																		
Sólidos Dissolvidos (mg/l)	80,00		65,00						ND	ND														
Fenóis (mg/l Fn)									4,80		0,33													
Nitrog. Amoniacal (mg/l N)	0,11	0,13	0,11	0,06	0,10	0,16	0,15	0,21	0,21	ND	ND													
Nitrog. Orgânico (mg/l N)	ND	ND	ND	0,03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND													

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	Número de Amostras
Temperatura °C ("in loco")	24,30	22,00	22,86	0,65	11
Turbidez	2,43	0,30	1,20	0,74	5
Cor	0,00	0,00	0,00	0,00	4
pH	8,90	6,09	7,31	0,67	11
Condut. Elétrica (uS/cm a 25°C)	228,00	71,30	158,13	49,03	11
Resíduo Seco (180°C)	170,00	66,67	120,57	28,90	10
Dureza de não Carbonatos (mg/l)	6,40	0,00	3,40	2,63	3
Dureza de Carbonato (mg/l)	88,50	66,00	74,83	9,80	3
Dureza Total (mg/l CaCO ₃)	117,60	30,20	79,96	26,30	10
Bicarbonato (HCO ₃ -)	134,80	17,08	90,97	30,01	10
Carbonato (CO ₃ =)	0,00	0,00	0,00	0,00	10
Cloretos (Cl-)	22,11	0,48	4,30	6,24	10
Sulfatos (SO ₄ =)	1,90	0,00	0,79	0,63	9
Nitritos (NO ₂ -)	0,00	0,00	0,00	0,00	10
Nitratos (NO ₃ -)	1,37	0,00	0,52	0,44	10
Cálcio (Ca++)	26,81	7,79	17,70	5,43	10
Magnésio (Mg++)	9,07	0,26	6,41	2,41	10
Sódio (Na+)	5,79	0,51	2,13	1,87	10
Potássio (K+)	4,88	0,23	1,81	1,25	10
Ferro Total (Fe ₂ + Fe ₃)	0,86	0,01	0,24	0,27	8
Manganês (Mn++)	0,13	0,00	0,04	0,05	8
Alumínio (mg/l Al)	0,03	0,00	0,01	0,01	4
Anidrido Carbônico (mg/l CO ₂)	4,50	1,10	2,67	1,40	3
Arsênio (mg/l As)	0,00	0,00	0,00	0,00	3
Bário (mg/l Ba)	2,03	0,50	1,35	0,45	10
Cádmio (mg/l Cd)	0,00	0,00	0,00	0,00	3
Chumbo (mg/l Pb)	0,00	0,00	0,00	0,00	3
Cobre (mg/l Cu)	0,00	0,00	0,00	0,00	4
Cromo Total (mg/l Cr)	0,01	0,00	0,00	0,00	3
Fluoreto (mg/l F)	0,37	0,10	0,25	0,08	10
Fosfato total em P (mg/l)	3,00	0,13	0,68	0,81	10
Lítio (mg/l Li)	0,00	0,00	0,00	0,00	3
Sílica (mg/l Si)	10,37	4,71	6,54	2,25	4
Zinco (mg/l Zn)	0,04	0,01	0,02	0,02	3
Selênio (mg/l Se)	0,00	0,00	0,00	0,00	3
Sólidos Dissolvidos (mg/l)	121,00	65,00	90,75	20,81	4
Nítrog. Amoniacal (mg/l N)	0,33	0,09	0,18	0,09	4
Nítrog. Orgânico (mg/l N)	0,01	0,00	0,00	0,00	4

Quadro 10 - Resultados estatísticos das análises físico-químicas das águas naturais do aquífero Barreiro.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	Número de Amostras
Temperatura °C ("in loco")	25,10	22,60	24,20	0,98	4
Turbidez	0,40	0,40	0,40	0,00	3
pH	6,44	5,69	6,05	0,27	4
Condut. Elétrica (uS/cm a 25°C)	3.160,00	1.014,00	1.898,25	858,22	4
Resíduo Seco (180°C)	2.535,00	760,00	1.533,00	673,73	4
Dureza de não Carbonatos (mg/l)	900,87	216,40	474,02	303,98	3
Dureza de Carbonato (mg/l)	42,00	15,00	28,33	11,03	3
Dureza Total (mg/l CaCO ₃)	915,87	258,40	516,99	255,84	4
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	48,92	18,30	33,28	10,87	4
Carbonato (CO ₃ ⁼)	0,00	0,00	0,00	0,00	4
Cloretos (Cl ⁻)	929,71	264,92	533,59	267,04	4
Sulfatos (SO ₄ ⁼)	0,00	0,00	0,00	0,00	4
Nitritos (NO ₂ ⁻)	0,01	0,00	0,01	0,00	4
Nitratos (NO ₃ ⁻)	4,00	1,24	2,36	1,10	4
Cálcio (Ca ⁺⁺)	311,54	58,78	155,50	96,37	4
Magnésio (Mg ⁺⁺)	42,32	19,05	29,31	9,22	4
Sódio (Na ⁺)	104,73	48,22	74,79	21,51	4
Potássio (K ⁺)	100,30	18,48	60,20	34,47	4
Ferro Total (Fe ₂ + Fe ₃)	0,48	0,01	0,14	0,20	4
Manganês (Mn ⁺⁺)	0,05	0,00	0,02	0,02	4
Alumínio (mg/l Al)	0,12	0,03	0,06	0,04	4
Arsênio (mg/l As)	0,00	0,00	0,00	0,00	2
Bário (mg/l Ba)	44,73	14,04	27,34	13,43	4
Cádmio (mg/l Cd)	0,00	0,00	0,00	0,00	2
Cobre (mg/l Cu)	0,00	0,00	0,00	0,00	3
Fluoreto (mg/l F)	0,20	0,04	0,15	0,06	4
Fosfato total em P (mg/l)	0,48	0,14	0,29	0,14	4
Lítio (mg/l Li)	0,00	0,00	0,00	0,00	2
Sílica (mg/l Si)	7,24	4,33	5,93	1,12	4
Selênio (mg/l Se)	0,00	0,00	0,00	0,00	2
Sólidos Dissolvidos (mg/l)	2.108,00	708,00	1.221,67	629,37	3
Fenóis (mg/l Fn)	0,00	0,00	0,00	0,00	2
Nitrog. Amoniacal (mg/l N)	4,80	0,89	2,71	1,61	3
Nitrog. Orgânico (mg/l N)	0,00	0,00	0,00	0,00	3

Quadro 11 - Resultados estatísticos das análises físico-químicas das águas do enclave contaminado do aquífero Barreiro, analisadas pela CPRM em 1997.

O quadro 12 apresenta o estudo estatístico máximo, mínimo, médio e desvio padrão de todas as análises do monitoramento disponibilizadas no período de 1989 a 1997. Os valores máximos encontrados são provenientes de águas do enclave, e são bastante elevados em relação às águas naturais.

Os valores médios estão desqualificados para uma interpretação generalizada do aquífero monitorado, devido à predominância de pontos de amostragem da área do enclave de contaminação. Todavia, servem como referência dos valores possíveis de serem encontrados nas áreas contaminadas e seus entornos.

	Bário (mg/l)	Cloretos (mg/l)	Sódio (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Cond. Elét. (µS/cm)	pH
Máximo	37,30	1.421,00	1.106,00	2.610,00	4.600,00	14,00
Mínimo	0,00	0,20	0,01	0,00	10,00	4,80
Média	4,13	186,03	49,20	20,41	773,85	8,52
Desvio Padrão	6,52	241,96	75,72	97,87	846,24	1,74
Número de amostras	4.963	3.908	4.839	4.169	2.031	4.961

Quadro 12 - Resultados estatísticos do monitoramento físico-químico executado no período de 1989 a 1997 nos piezômetros do Barreiro.

As águas do aquífero fraturado quartzítico não foram amplamente amostradas (apenas dois pontos). Dessa forma, suas características químicas reais poderão apresentar algumas diferenças com as encontradas.

Os pontos 120 e 121 são considerados como representativos deste aquífero e, de acordo com a figura 26, as águas são do tipo bicarbonatadas cálcicas. Os valores médios encontrados foram: temperatura, 22,8 °C; resíduo seco, 136,5 mg/l; dureza total, 94,3; e pH de 7,32.

Predominam o ânion bicarbonato e cátion cálcio, seguido de sódio. O bário está presente com teor médio de 0,52 mg/l e o fosfato total com 0,19 mg/l de P, em média. O nitrogênio amoniacal é encontrado com 0,29 mg/l, em média.

As outras águas do aquífero fraturado são as da fonte Andrade Júnior e Paulo Cherulli, que mostram composições químicas muito próximas entre si, revelando uma mesma origem. As águas são do tipo bicarbonatadas sódicas (ponto 03, figura 26 e Quadro 13), sulfatadas, radioativas - 44 unidades mache (Mourão, 1990), hipotermiais (entre 29,1 e 32,4 °C) e alcalinas (pH de 9,8).

Predominam os ânions bicarbonato (3.257,0 mg/l) e sulfatos (325,1 mg/l) e cátions sódio (1.333,1 mg/l) e potássio (135,1 mg/l). Os outros íons encontram-se com teores bastante reduzidos.

O resíduo seco situa-se em torno de 3.800 mg/l e a dureza total é baixa, de 3,8 mg/l. O bário ocorre com teores de 0,08 mg/l e o fosfato com 0,74 mg/l de P. A sílica apresenta-se com até 6,44 mg/l.

Outro ponto considerado como pertencente ao aquífero fraturado é o ponto 129 (clube da AAB). Todavia, como o poço se encontra próximo do Lago Inferior e os resultados apresentaram indícios de contaminação por bário (2,5 mg/l), pressupõe-se que a água esteja contaminada e não seja representativa do aquífero.

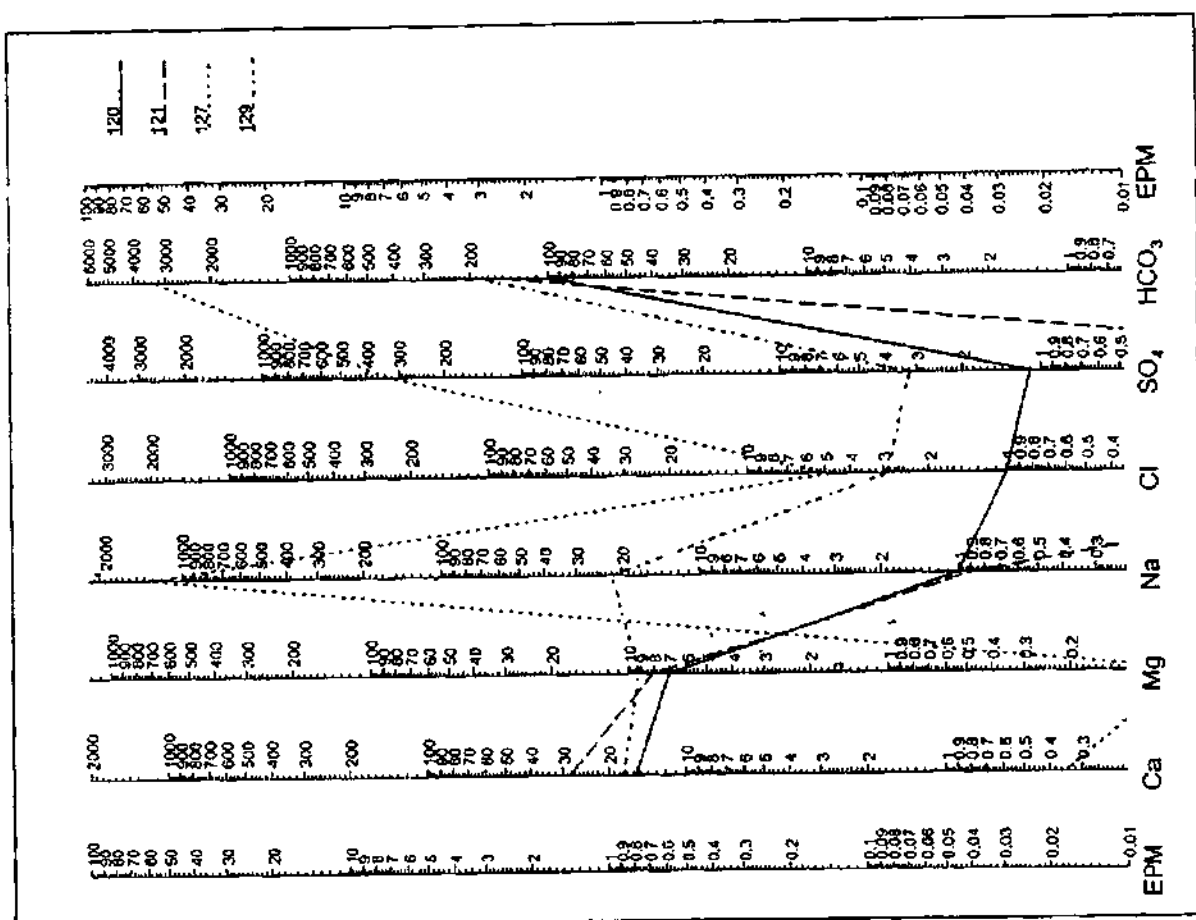
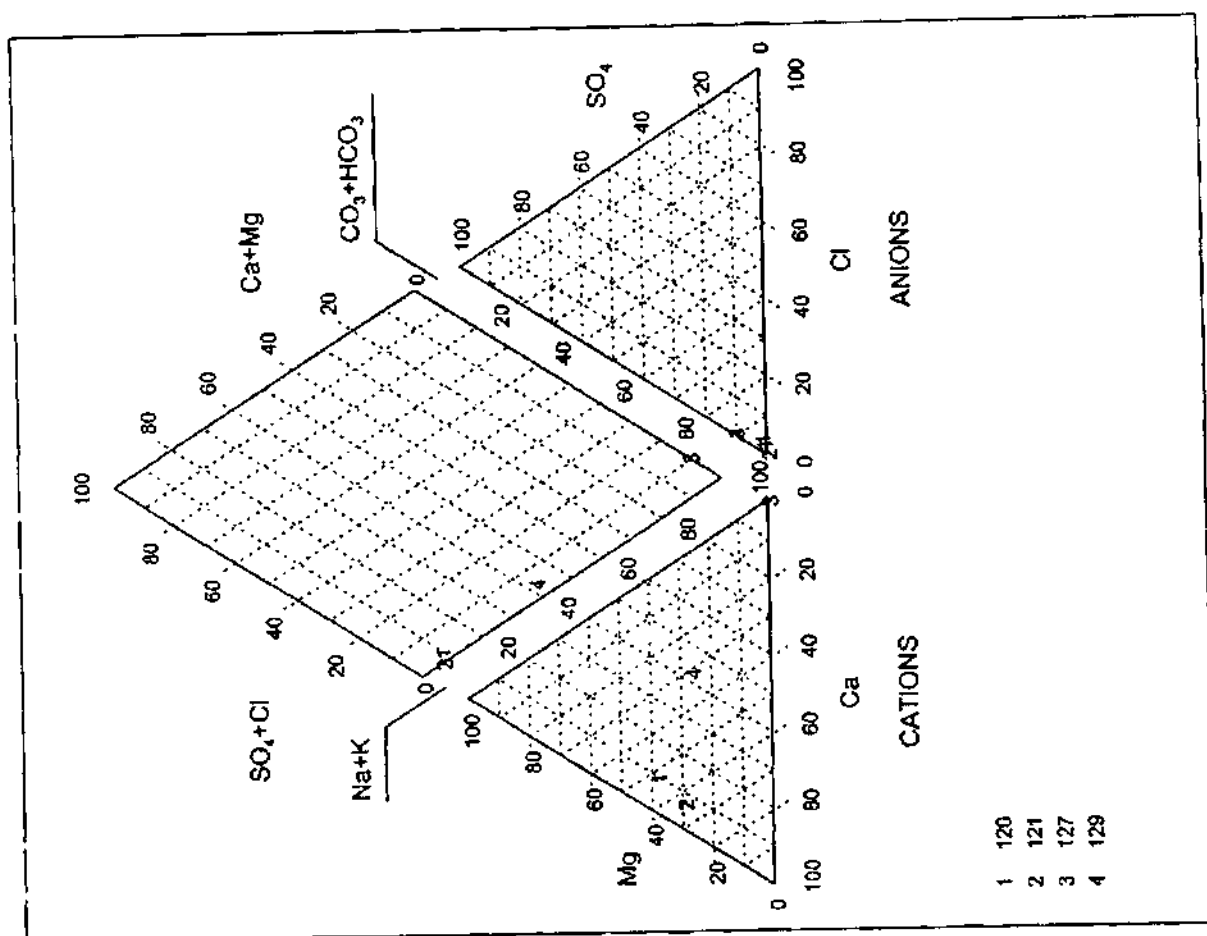


Figura 26 - Diagramas de Schoeller e Piper das águas do aquífero fraturado.

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	NÚMERO DO PONTO									
	120		121		127				129	
Local	Alto Paulista 1		Alto Paulista 2		Ft. Andrade Júnior		Ft. Paulo Cherulli		AABB	
Natureza	Poço Tubular		Poço Tubular		Poço Tubular		Nascente		Poço Tubular	
Data	22/09/97		22/09/97		24/9/97		24/9/97		09/12/97	
Temperatura °C ("in loco")	22,8		22,8		29,10		32,4		24,7	
Turbidez	1		1		6		3		2	
Cor	<5		<5		<5		<5		<5	
pH	7,02		7,62		9,78		9,84		7,89	
Conduct. Elétrica (uS/cm a 25°C)	168,40		223,00		5.800,00		5.720,00		300,00	
Resíduo Seco (180°C)	123,00		150,00		3.818,00		3.760,00		150,00	
Dureza de não Carbonatos (mg/l)	ND		ND		ND		ND		ND	
Dureza de Carbonato (mg/l)	79,20		109,40		3,80		2,80		81,81	
Dureza Total (mg/l CaCO ₃)	79,20		109,40		3,80		2,80		81,81	
Radioatividade (Mache/- 20°C)					44,0					
Unidades	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	97,60	1,601	140,30	2,301	3.257,00	53,415	3.263,00	53,513	176,90	2,901
Carbonato (CO ₃ ⁼)	ND		ND		108,00		105,00		ND	
Cloratos (Cl ⁻)	1,00	0,03	ND		4,81	0,14	4,81	0,14	2,88	0,08
Sulfatos (SO ₄ ⁼)	1,10	0,02	ND		325,08	8,76	323,44	6,73	3,20	0,07
Nitritos (NO ₂ ⁻)	<0,001		<0,001		ND		ND		ND	
Nitratos (NO ₃ ⁻)	0,20	0,003	0,14	0,002	0,42	0,007	0,27	0,004	ND	
Total		1,655		2,303		60,319		60,381		3,049
Cálcio (Ca ⁺⁺)	15,70	0,785	28,39	1,420	0,35	0,018	0,16	0,008	17,81	0,881
Magnésio (Mg ⁺⁺)	7,00	0,578	8,10	0,669	0,07	0,006	0,06	0,005	9,19	0,759
Sódio (Na ⁺)	1,01	0,044	0,90	0,039	1.333,10	57,990	1.332,98	57,985	21,96	0,955
Potássio (K ⁺)	3,76	0,096	4,09	0,105	135,06	3,458	134,28	3,438	9,78	0,250
Ferro Total (Fe ⁺ + Fe ⁺⁺)	0,024	0,001	0,012	0,001	0,025	0,001	0,040	0,002	0,107	0,005
Manganês (Mn ⁺⁺)	0,004	0,000	<0,003		0,006	0,000	0,004	0,000	0,014	0,001
Total		1,505		2,233		61,472		61,437		2,851
% de erro da análise	10		3		2		2		7	
Alumínio (mg/l Al)	ND		ND		0,026		0,039			
Arsênio (mg/l As)	ND		<0,010		ND		ND			
Bário (mg/l Ba)	0,412		0,621		0,078		0,087		2,535	
Cádmio (mg/l Cd)	ND		ND		0,001		ND			
Chumbo (mg/l Pb)	ND		ND		ND		ND			
Cobre (mg/l Cu)	<0,003		<0,003		<0,003		<0,003			
Cromo Total (mg/l Cr)	<0,005		<0,005		0,008		0,006			
Fluoreto (mg/l F)	0,30		0,28		0,84		1,06		0,49	
Fosfato total em P (mg/l)	0,29		0,08		0,72		0,74		0,05	
Lítio (mg/l Li)	ND				0,102		0,101			
Níquel (mg/l Ni)					ND		ND			
Silica (mg/l Si)	6,952		9,011		6,435		5,908		13,839	
Zinco (mg/l Zn)	0,017		0,009		0,007		0,009			
Selênio (mg/l Se)	ND				ND		ND			
Fenóis (mg/l Fn)									ND	
Nitrog. Amoniacal (mg/l N)	0,27		0,31		9,40		1,00		0,72	
Nitrog. Orgânico (mg/l N)	0,02		ND		ND		0,12		ND	

Quadro 13 - Principais características físico-químicas das águas do aquífero fraturado, analisadas pela CPRM em 1997.

As diferenças de composição entre as águas do aquífero fraturado estão relacionadas ao tipo litológico, ao tempo de trânsito e à profundidade por onde percolam as águas. As águas das fontes Andrade Júnior e Paulo Cherulli percolam por terrenos profundos e ricos em minerais sódicos (fenitos) e sulfetados (pirita) e as águas captadas do aquífero fraturado em rochas quartzíticas (pontos 120 e 121) mais superficiais, são pouco mineralizadas, devido ao pouco tempo de trânsito no aquífero e da provável escassez de fenitos, possivelmente já solubilizados nos horizontes mais próximos da superfície.

9.5.2 - A Presença do Bário nas Águas Subterrâneas

O bário é um elemento bastante raro na crosta terrestre. Encontra-se substituindo o potássio nos feldspatos, em alguns minerais de rochas ígneas e no mineral barita (BaSO_4). A barita apresenta baixa solubilidade, o que ocasiona a escassa presença de bário em soluções. Alguns investigadores consideram que a presença de cloretos e outros ânions e cátions, em soluções diluídas, aumentam consideravelmente a solubilidade do bário (Hem, 1962).

No Barreiro, os elevados teores de bário começaram a ser detectados em 1982, após análises da água do lago da barragem B4, que recebia os efluentes do processo de beneficiamento do minério de nióbio. Para a concentração do minério, o pirocloro (BaNb_2O_6) era calcinado com cloreto de cálcio, onde o bário é substituído pelo cálcio, formando, como um dos produtos finais, cloreto de bário (BaCl_2), que é um sal altamente solúvel.

O cloreto de bário era, então, descartado e lançado na barragem de rejeito B4 (fotos 07 e 08), juntamente com outros resíduos. A partir da massa de rejeito, o bário contaminou as águas subterrâneas e superficiais, mas, principalmente, as subterrâneas.

A solução adotada foi a introdução, nos corpos d'água, de sulfato de sódio, que, em solução com o cloreto de bário, forma barita, mineral pouco solúvel e abundante na área ($\text{BaCl}_2 + \text{SO}_4\text{Na}_2 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2 \text{ClNa}$).

A neutralização foi e continua sendo feita através da injeção ininterrupta de sulfato de sódio por meio de infiltradores localizados em pontos estratégicos (definidos a partir de poços de monitoramento) que estão a jusante da barragem e na área assoreada do lago B4.

A solução também é lançada no lago da barragem B4 e no canal homogeneizador a jusante, que recebe a água bombeada dos poços de sangria e do lago B4, rebaixando, desta maneira, o teor de bário nas águas superficiais da barragem "D" e no córrego da Mata.

Os resultados do monitoramento químico nos poços (considerados a partir de 1989) mostram valores da ordem de até 37,3 mg/l de bário. Os maiores valores situam-se justamente na posição atual da pluma contaminante, no campo de futebol, próximo à barragem "A".

As figuras 27 a 30 mostram a situação do enclave contaminado em jun/1989 e jun/1997 a partir dos teores de bário e cloretos. Para a elaboração dos mapas de contorno, utilizou-se o programa Geosoft da PGW e tomaram-se os maiores valores, independente das profundidades amostradas.

A análise das figuras indica que houve um deslocamento da pluma de contaminação, que, antes, se concentrava na barragem B4 e ao longo do córrego da Mata para a área do depósito de finos (estéril) da CAMIG e a montante em direção à barragem B4.

Isto indica que as medidas de bombeamento e neutralização contínua, executadas na área da barragem B4 e ao longo do córrego da Mata, apresentaram efeitos positivos e, ao mesmo tempo, comprovam a necessidade de atitudes similares na área onde atualmente se encontra o enclave. Ou seja, é necessária a perfuração de novos poços para o bombeamento contínuo e infiltração da solução de sulfato de sódio para o esgotamento e a neutralização do enclave contaminado na área próxima da barragem "A".

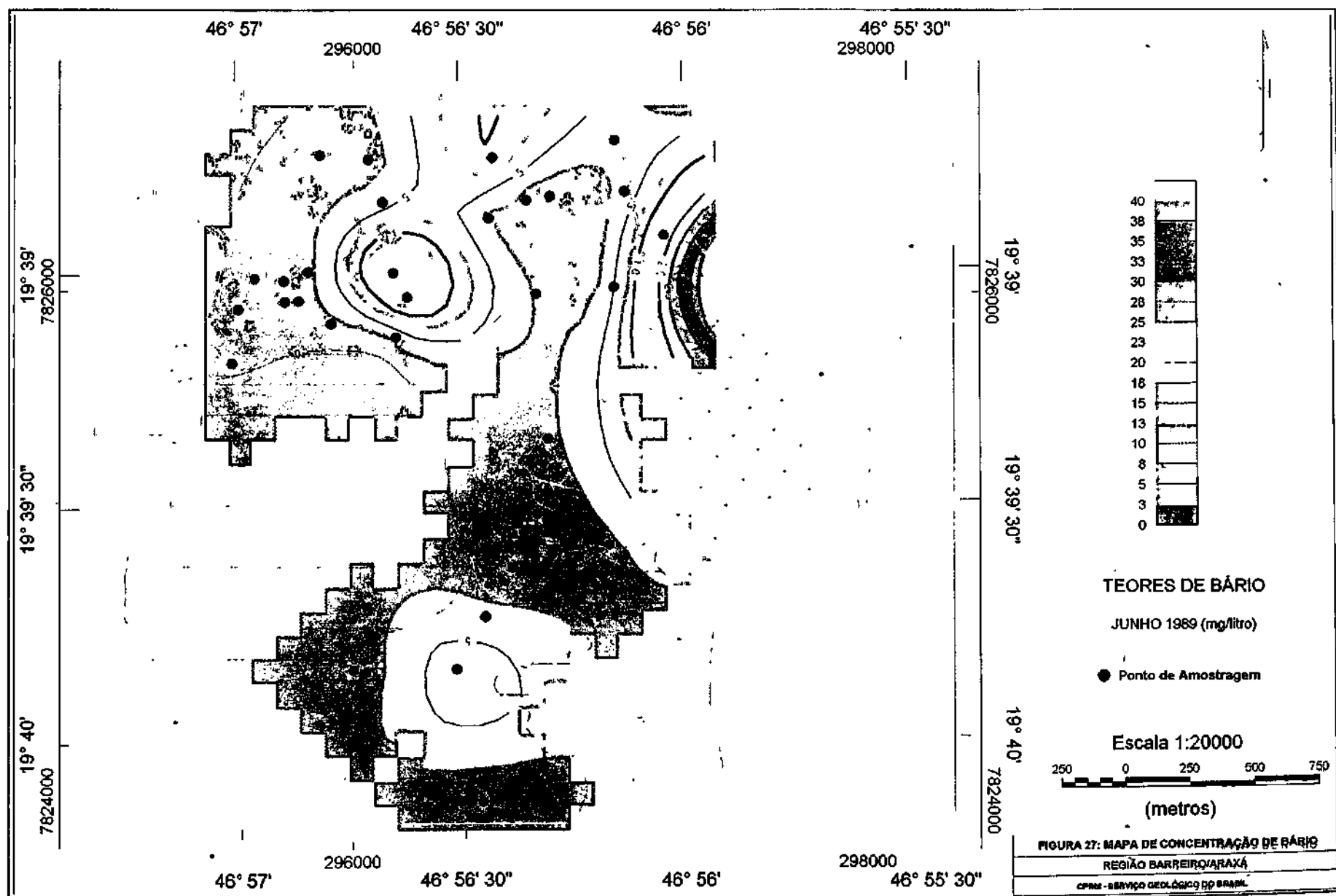


Figura 27 - Mapa de concentração de bário - junho de 1989

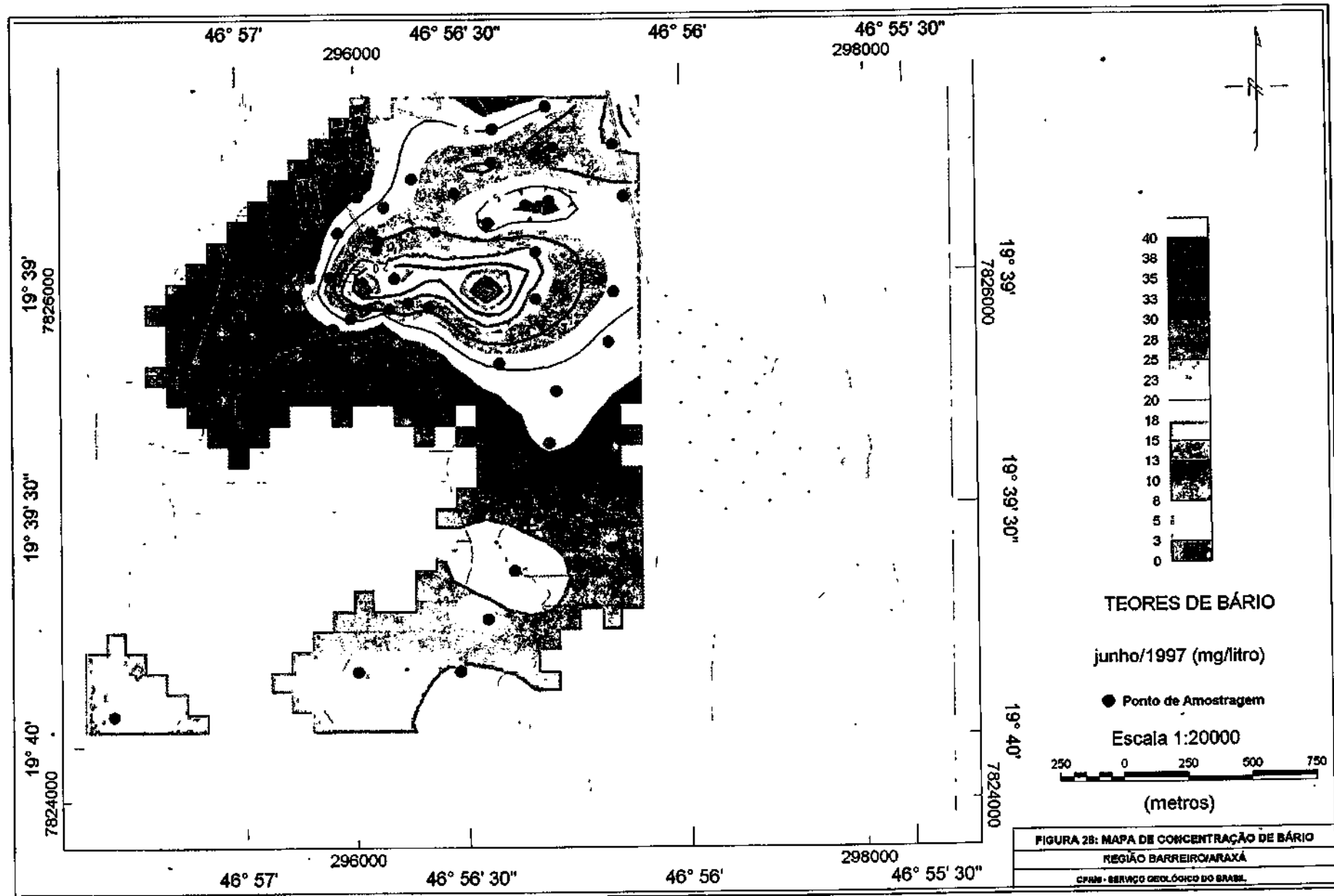


Figura 28 – Mapa de concentração de bário – junho de 1997

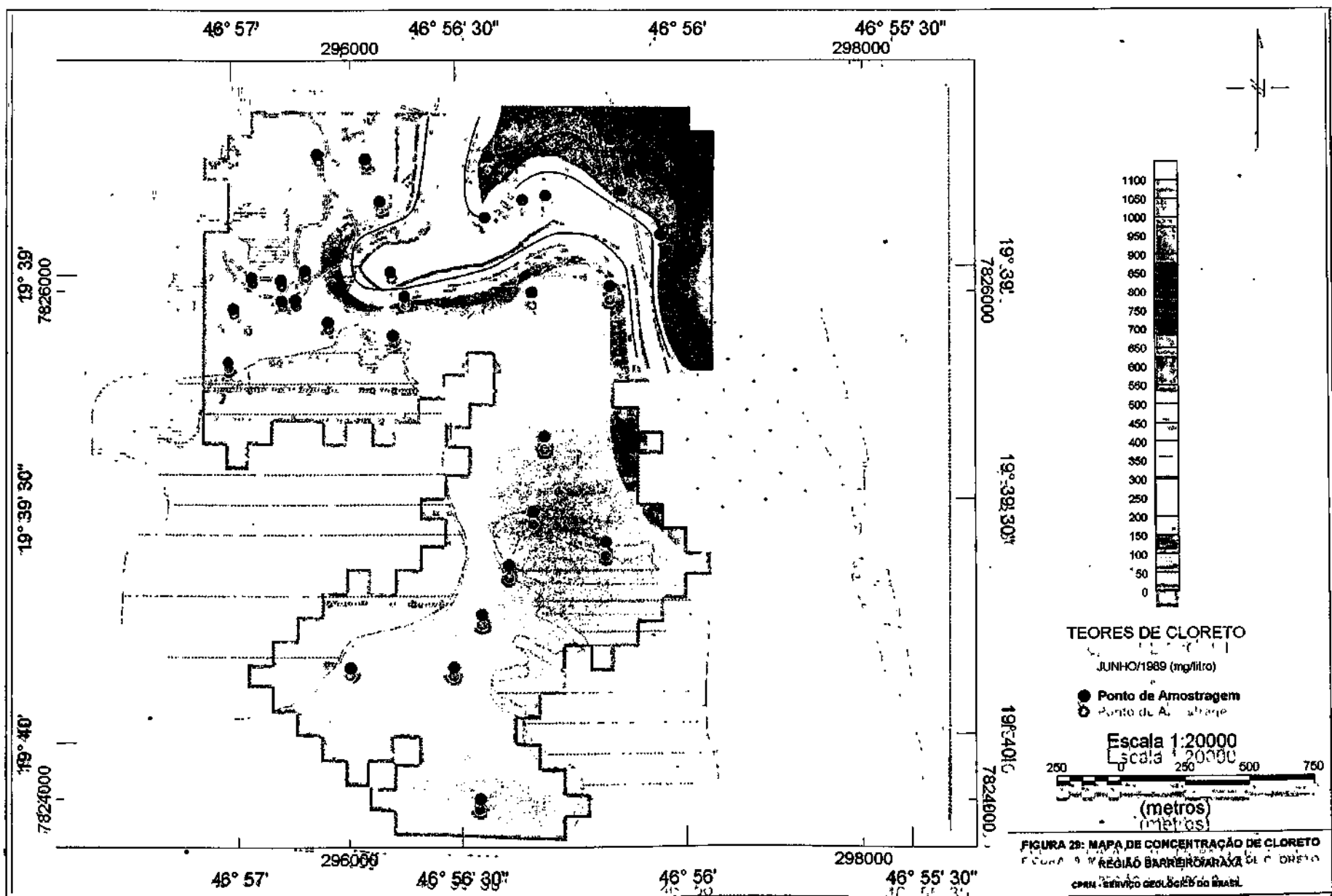


Figura 29 – Mapa de concentração de cloreto – junho de 1989.

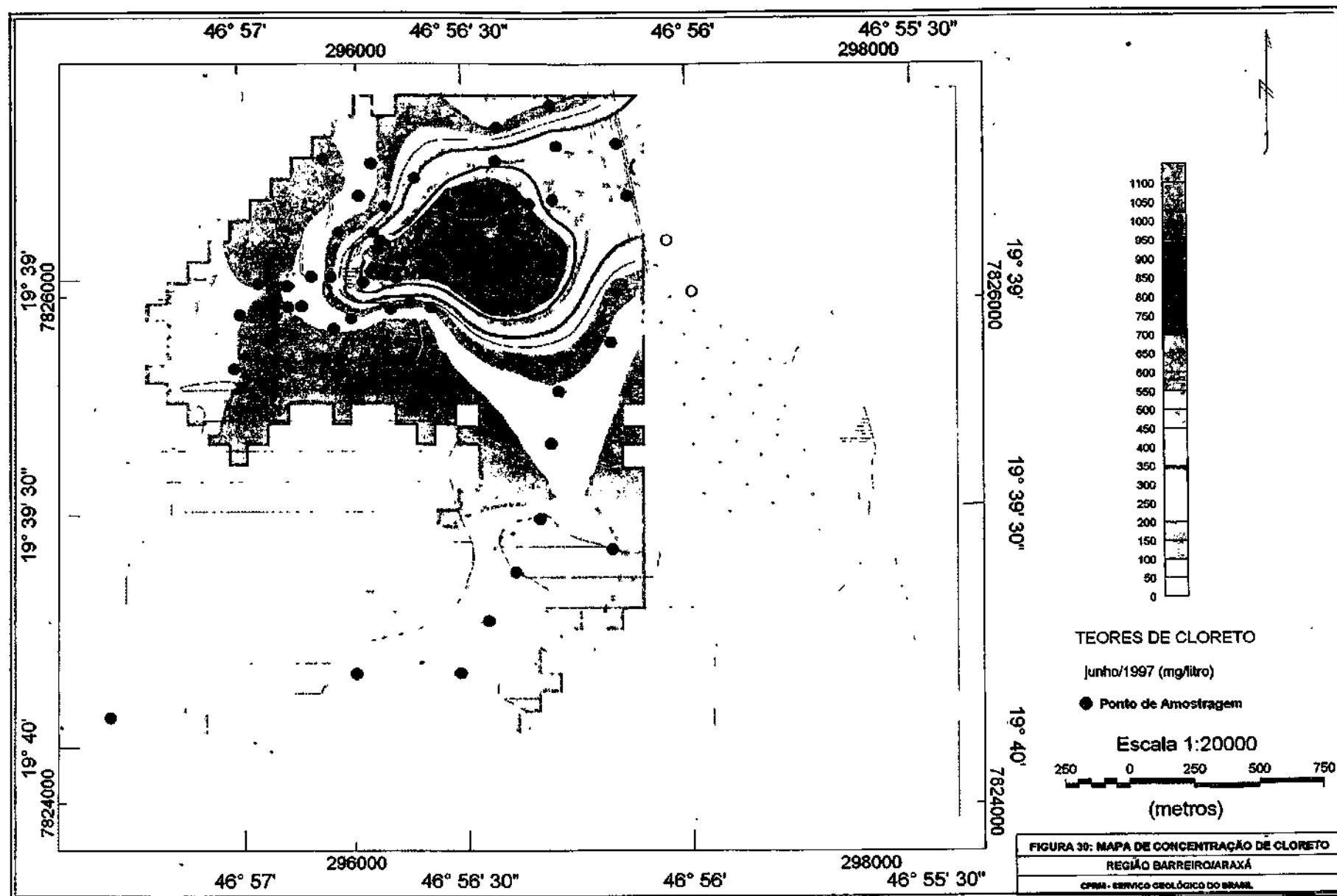


Figura 30 – Mapa de concentração de cloreto – junho de 1997

A proximidade em que a pluma contaminada se encontra do Parque das Águas e da fonte D. Beja em 1997 pode ser observada nas figuras 27 a 30. Esta proximidade indica riscos de contaminação do lençol que abastece a fonte. A visualização também é notada na figura 31, que mostra isolinhas de condutividade elétrica que têm uma correlação estreita com a quantidade de íons dissolvidos na água.

Estudos realizados por Pratini (1995), entre 1991 e 1995, indicaram o aumento dos teores de bário e cloretos nas amostras da fonte Beja e do córrego Baritina, possivelmente, relacionado à presença próxima da pluma contaminante.

Resultados do monitoramento realizado em junho de 1997, na fonte D. Beja, apresentaram valores menores do que os medidos em 1994, por Pratini. Todavia, pela proximidade da pluma, esta diminuição não descarta o risco iminente de contaminação e, possivelmente, esta diminuição esteja relacionada com as variações sazonais de recarga, onde um maior volume de recarga pluvial durante um período, ou mesmo de infiltração das barragens "E", "F", "A" e "G", tenha favorecido a diluição da pluma contaminada na zona de interface.

Talvez a explicação para que a presença da pluma contaminada ainda não tenha sido efetivamente detectada na área do anel verde seja a maior contribuição da recarga oriunda da área da mina da Arafertil e do anel verde, juntamente com as barragens "E", "F", "A" e "G", que favorecem a diluição da água contaminada e impedem o avanço da pluma.

Alterações do volume de descarga que possam ter como causa taxas de bombeamento acima da taxa de recarga possivelmente criarão um gradiente que induzirá o fluxo na direção do anel verde, contaminando esta zona do aquífero.

Isto demonstra a importância de se manter a exploração do aquífero, na área do anel verde, submetida a taxas controladas de maneira a evitar-se uma possível contaminação por bário e/ou cloreto de sódio.

A presença de altos e crescentes teores de cloreto de sódio nas áreas de neutralização da pluma contaminada deverá ser mais bem estudada, pois, de acordo com estudos realizados (Hem, 1960, p133), a presença de cloretos e outros ânions e cátions aumenta consideravelmente a solubilidade do sulfato de bário (barita), normalmente pouco solúvel.

O bário também foi encontrado na amostra da água proveniente do poço 129 (AABB) que está no aquífero fraturado, no quartzito, e vizinho ao Lago Inferior (ou do Barreiro).

O teor encontrado de 2,5 mg/l é anômalo em relação aos outros dois poços do mesmo aquífero (0,6 e 0,4 mg/l). A sua presença neste aquífero, provavelmente, está relacionada à contaminação da água do lago que é receptor das águas do córrego da Mata e Baritina que drenam o enclave contaminado. Um estudo mais detalhado poderá confirmar, ou não, a influência do enclave contaminante nas águas superficiais e subterrâneas a jusante da área do córrego da Mata e barragem B4.

Em poços fora da área do enclave contaminado, em águas naturais do aquífero Barreiro, nota-se que os teores de bário são relativamente baixos, da ordem de 1,35 mg/l, em média, oriundos da dissolução do carbonato de bário existente nas rochas do Complexo.

A observação de poços de monitoramento multiníveis (pontos 73 - 217/405 e 51 - 190/460) no aquífero não contaminado mostra que os teores aumentam com a profundidade da água captada.

O ponto 51, próximo à fonte D. Beja, apresenta variações de 1,2 mg/l a 30,6 m de profundidade, até cerca de 2,0 mg/l a 74,5 m (CBMM - jun/97). Isto está de acordo com o sistema de recarga pluvial que predomina, onde águas com menos tempo de residência apresentam menor mineralização e, conseqüentemente, menores teores de bário.

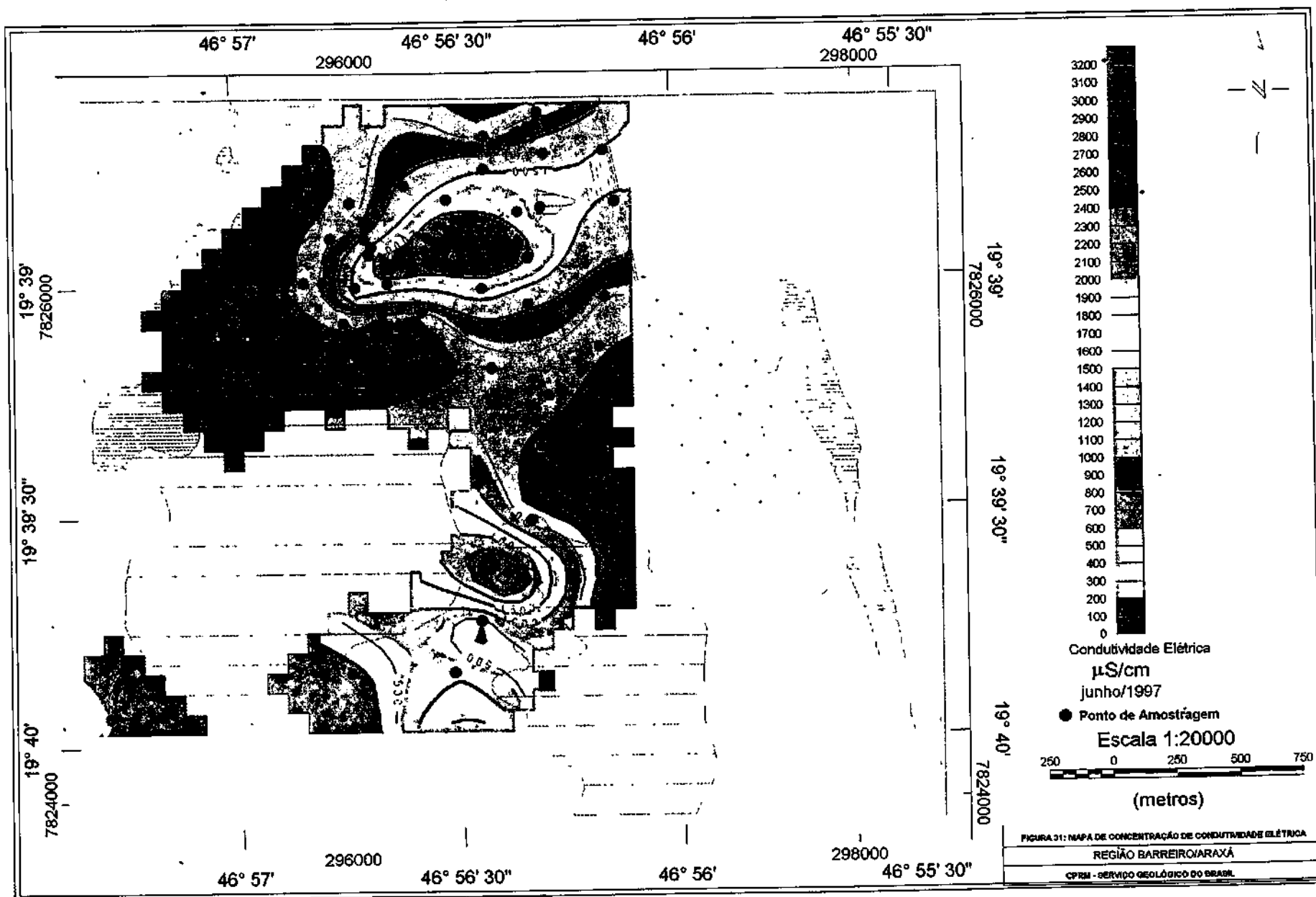


Figura 31 – Mapa de isolinhas de condutividade elétrica

9.6 - Qualidade das Águas Subterrâneas

A qualidade de uma água é definida pela sua composição física, química e biológica. A avaliação desses parâmetros permite classificá-las quanto a sua potabilidade, indicando a presença de impurezas, substâncias tóxicas e microbiológicas. O conhecimento dos efeitos que pode causar cada um dos elementos nela contidos, ou o conjunto de todos eles, permite estabelecer as possibilidades de uso. Vale ressaltar que água natural e de boa qualidade não são sinônimos.

Os resultados apresentados são decorrentes da análise das amostragens efetuadas durante o estudo, e deverão ser considerados com reservas, uma vez que a quantidade de dados obtidos não permite caracterizar de forma categórica a qualidade das águas. Isso, devido à ausência, nas análises realizadas, de outros parâmetros que possivelmente indicassem outros tipos de contaminações e, também, pela falta de uma série histórica de análises dos parâmetros considerados.

Os resultados físico-químicos considerados são os constantes no quadros 9 - A e B e 13, que reproduzem os valores encontrados nas análises efetuadas em julho, setembro e dezembro de 1997.

O quadro 14 reproduz os valores máximos permitidos para águas destinadas ao consumo humano, segundo a Portaria 36/90 do Ministério da Saúde. Também constam deste quadro os valores estabelecidos pela Resolução 20/86 do CONAMA para a classe especial, os padrões utilizados pela Organização Mundial de Saúde e os do Ministério da Saúde para águas minerais e potáveis de mesa (Resolução 25/76).

De acordo com os resultados, as águas naturais apresentam valores acima do permitido, principalmente quanto ao teor de bário no aquífero intergranular ou Barreiro e, também, quanto aos teores de nitrogênio amoniacal no aquífero intergranular e fraturado.

O valor máximo de bário permitido pela legislação brasileira é de 1,0 mg/l, tanto para águas de consumo humano como minerais. Por outro lado, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) estabelece um valor máximo de 2,0 mg/l (Fetter, 1994, p. 437).

O bário é um metal que pode provocar intoxicações agudas. A ação do bário se produz sobre a célula muscular, aumentando o tônus muscular e a pressão arterial. Localiza-se no tecido ósseo, muscular, medula óssea, baço, pulmão e mucosa intestinal. Não há acumulação hepática.

A dose letal de bário (absorvível) é de aproximadamente 1 g, sendo que o cloreto de bário tem dose letal de cerca de 2 a 4 gramas. Os sintomas são vômitos, convulsões, paralisia, diarreia, dor abdominal, zumbido, vertigens, midríase, tremores fibrilares musculares, fraqueza, dificuldade respiratória, apnéia, asfixia e dispnéia. A morte pode ocorrer por parada cardiorrespiratória.

As águas provenientes do enclave contaminante encontram-se poluídas por cloreto de bário e pela solução neutralizante de sulfato de sódio. Esta contaminação aumentou, consideravelmente, os teores de cloreto de sódio e bário, inviabilizando o uso para consumo humano. Nesta área, os teores médios de bário são da ordem de 18,0 mg/l.

As águas naturais do aquífero Barreiro apresentaram teores de bário entre 0,5 e 2,0 mg/l e a sua presença está relacionada com as rochas carbonatíficas, onde ocorre como barita (pouco solúvel) e sob a forma de carbonato de bário, de onde é solubilizado.

No aquífero fraturado, o bário ocorre com teores baixos (0,52 mg/l), inclusive nas águas profundas da fonte Andrade Júnior.

O nitrogênio amoniacal ocorre de forma generalizada, em praticamente todas as amostras analisadas, atingindo valores elevados de até 2,45 mg/l (ponto 12 - PBD-4).

Quadro 14 - Padrões de qualidade para águas destinadas ao consumo humano.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil										
PARÂMETRO	UNIDADE	*	**	***	****	PARÂMETRO	UNIDADE	*	**	***
AGENTES TENSOATIVOS (DETERGENTES)	mg/l LAS	0,2	0,5	0,2	---	ALDRIN e DIELDRIN	ug/l	0,03	0,01 / 0,05	0,03
ALUMÍNIO	mg/l Al	0,2	0,1	0,2	---	BENZENO	ug/l	10	10	10
AMÔNIA NÃO IONIZÁVEL	mg/l NH ₃	---	0,02	0,01	---	BENZENO-A-PIRENO	ug/l	0,01	0,01	0,1
ARSÊNIO	mg/l As	0,05	0,05	0,05	0,05	CLORDANO (total de isômeros)	ug/l	0,3	0,04	0,03
BÁRIO	mg/l Ba	1,0	1,0	1,0	1,0	DDT (P-P/DDT; O-PDDT P-P/DDE; O-P/DDE)	ug/l	1	0,001	1
BERÍLIO	mg/l Be	---	0,1	---	---	ENDRIN	ug/l	0,2	0,004	---
BORO	mg/l B	---	0,75	---	---	HEPTACLORO E HEPTACLORO EPÓXIDO	ug/l	0,1	---	0,1
CÁDMIO	mg/l Cd	0,005	0,001	0,005	0,01	HEXACLOROBENZENO	ug/l	3	---	0,01
CHUMBO	mg/l Pb	0,05	0,03	0,05	0,05	LINDANO (GAMA HCH)	ug/l	3	---	3
CIANETOS	mg/l CN	0,1	0,01	0,1	0,2	METOXICLORO	ug/l	30	---	30
CLORETOS	mg/l Cl	250	250	250	100	PENTACLOROFENOL	ug/l	10	10	10
COBALTO	mg/l Co	---	0,2	---	---	TETRACLOROETENO	ug/l	3	3	3
COBRE	mg/l Cu	1,0	0,02	1,0	1,0	TETRACLOROETENO	ug/l	10	10	10
COLIFORMES TOTAIS	NMP/100 ml	0 (1)	0	10 (2)	0 (3)	TOXAFENO	ug/l	5	---	---
COR APARENTE	UH	5	---	5	5	TRICLOROETENO	ug/l	100	---	---
CROMO TRIVALENTE	mg/l Cr	---	0,5	---	---	TRICLOROETENO	ug/l	100	---	---
CROMO HEXAVALENTE	mg/l Cr	---	0,05	---	0,05	TRIHALOMETANOS	ug/l	0,3	0,3	---
CROMO TOTAL	mg/l Cr	0,05	---	0,05	---	1/1 DICLOROETANO	ug/l	10	10	10
D.B.O	mg/l O ₂	---	3	6	---	1/2 DICLOROETANO	ug/l	100	---	100
D.Q.O.	mg/l O ₂	---	---	10	---	2/4 D	ug/l	10	10	10
DUREZA TOTAL	mg/l CaCO ₃	500	---	---	---	2/4/6 TRICLOROFENOL	ug/l	10	10	10
ESTANHO	mg/l Sn	---	2,0	---	---					
FENÔIS	mg/l C ₆ H ₅ OH	0,001	0,001	0,001	---					
FERRO TOTAL	mg/l Fe	0,3	0,03	0,3	---					
FLUORETOS	mg/l F	---	1,4	1,5	1,0					
FOSFATO TOTAL	mg/l P	---	0,025	---	---					
LÍTIO	mg/l Li	---	2,5	---	---					
MANGANÊS	mg/l Mn	0,1	0,1	0,1	0,05					
MERCÚRIO	mg/l Hg	0,001	0,0002	0,001	0,001					
NITRATOS	mg/l N	10	10	10	0					
NITRITOS	mg/l N	---	1	---	0					
N-ALBUMINÓIDE	mg/l NH ₃	---	---	---	0,03					
N-AMONÍACAL	mg/l NH ₃	---	---	---	0,05					
ÓLEOS E GRAXAS	mg/l	---	---	1	---					
OXIGÊNIO CONSUMIDO (meto ácido)	mg/l O ₂	---	---	---	4,5					
OXIGÊNIO DISSOLVIDO	mg/l O ₂	---	> 6,0	---	---					
pH		6,5 - 8,5	6,0 - 9,0	7,0 - 8,5	4,0 - 9,0					
PRATA	mg/l Ag	0,05	0,01	0,05	---					
RESÍDUO SECO	mg/l (180 oC)	---	---	---	1.500					
SELENIO	mg/l Se	0,01	0,01	0,01	0,01					
SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS	mg/l	1000	500	500	---					
SULFATOS	mg/l SO ₄	400	250	400	---					
SULFETOS	mg/l S	0,025	0,002	---	---					
TURBIDEZ	UT	1	---	5	3					
ZINCO	mg/l Zn	5	0,18	5	5					

- MINISTÉRIO DA SAÚDE - Portaria n. 36 (19/1/90)

-- CONAMA - Resolução n. 20 - classe especial (19/1/90)

--- O.M.S. - "International Standards for Drinking Water (1984).
Concentração Máxima Aceitável.---- MINISTÉRIO DA SAÚDE - Portaria n. 1.003 -
Resolução n. 25 (13/8/1976)

- ÁGUAS MINERAIS E NATURAIS DE FONTE

(1) - 95% das amostras devem apresentar ausência de coliformes totais em 100 ml, nas 5% restantes serão tolerados até 10 coliformes totais em 100 ml, desde que não ocorra em 2 (duas) análises consecutivas.

(2) - Em águas sem tratamento, o NMP será menor que 10 em 90% das amostras examinadas em 1 ano. Nenhuma superará o índice de 20. Não se permite um NMP maior que 15 em duas análises consecutivas.

(3) - Escherichia Coll ausente em 100 ml

A sua presença, possivelmente, é decorrente da decomposição de matéria orgânica existente no solo. Devido à infiltração relativamente rápida, a água rica em nitrogênio amoniacal atinge a zona saturada sem transformações ou retenções no solo.

Outros elementos que ocorrem com relativa frequência acima do padrão de potabilidade são ferro e manganês, atingindo até 7,644 e 0,482 mg/l, respectivamente (ponto 54D - 193/503D). A presença deles está relacionada aos minerais metálicos existentes no carbonatito (pirita, hematita, magnetita, goetita e ilmenita).

Uma vez que a recarga do aquífero intergranular está intimamente relacionada com a infiltração de águas da precipitação atmosférica e das barragens do anel verde, a qualidade das águas de recarga deverá ser considerada na preservação do aquífero. Principalmente as águas das barragens, que drenam a área da mina de fosfato, deverão estar isentas de elementos contaminantes móveis e persistentes gerados pelo tráfego intenso de veículos pesados, manutenção ocasional de máquinas e veículos, vazamentos de combustível, eutrofização das barragens, etc.

9.7 - Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos

O termo vulnerabilidade do aquífero à contaminação é utilizado para representar as características intrínsecas que determinam a susceptibilidade de um aquífero ser adversamente afetado por uma carga contaminante (Foster, 1993).

A vulnerabilidade é função da inacessibilidade hidráulica da zona saturada à penetração de contaminantes e da capacidade de retenção física e reações químicas com contaminantes nos estratos da zona não saturada.

Partindo deste princípio, a vulnerabilidade pode ser classificada baseando-se nos seguintes parâmetros:

1. Profundidade do nível freático.
 2. Tipo de ocorrência da água subterrânea (confinado, semiconfinado, livre e surgente).
 3. Características litológicas e grau de consolidação dos estratos acima da zona não saturada.
- A cada um desses fatores é definido um valor na escala de 0 a 1 e o produto entre eles é o índice de vulnerabilidade do aquífero. O índice obtido está associado às vulnerabilidades que vão de nenhuma a extrema (figura 32).

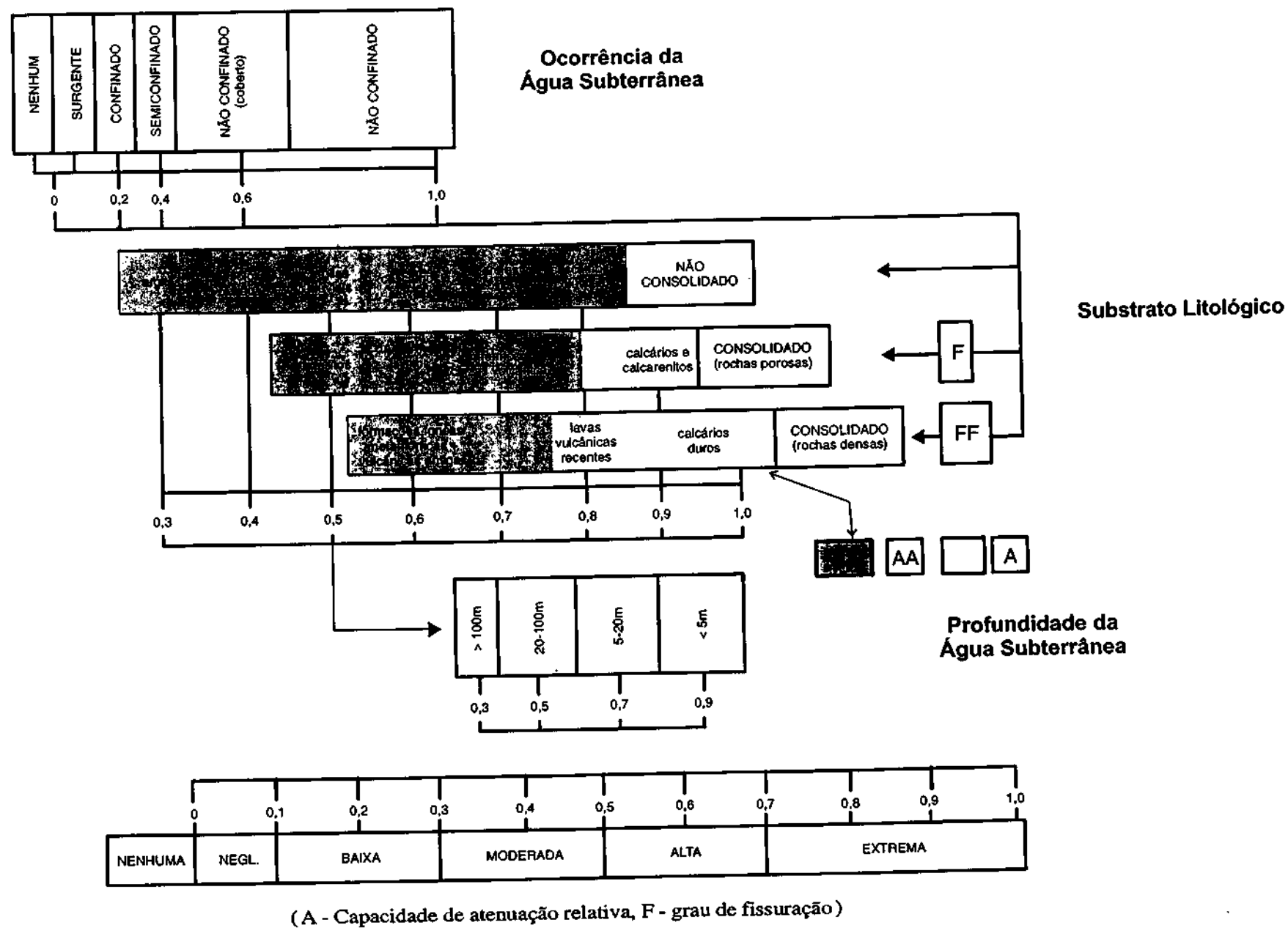
Vale ressaltar que esta classificação é apenas como de reconhecimento e deverá ser considerada com cautela quando se tratar de contaminantes móveis e persistentes no solo. Na verdade, a vulnerabilidade deverá ser avaliada para cada tipo de contaminante (bacteriológicos, metais, químicos orgânicos, etc) ou cada grupo de atividades contaminantes (saneamento, efluentes industriais, atividades agrícolas, etc), pois o conceito de "vulnerabilidade ampla a um contaminante universal em um cenário típico de contaminação" não tem validade.

Outra consideração são as áreas onde predominam aquíferos fraturados, naturalmente heterogêneos e anisotrópicos, o que dificulta o estabelecimento das superfícies freáticas quando não se dispõe de uma densidade e confiabilidade de dados adequadas.

Todavia, procurou-se, a partir dos dados levantados, delinear um mapa de referência a título de reconhecimento e tecnicamente válido, desde que não se trate de contaminantes móveis e persistentes que não sofram transformações ou retenções no solo.

Também deve ser considerado que tubulões de edificações, poços tubulares mal construídos e abandonados, loteamentos, ruas e estradas, ou melhor, qualquer obra de engenharia poderá alterar as condições naturais do solo e dos níveis freáticos, ocasionando modificações, às vezes extremas, na vulnerabilidade.

Figura 32 - Sistema DIOS para avaliação do índice de vulnerabilidade do aquífero (Foster, 1987).



O Mapa de Vulnerabilidade Natural dos Aqüíferos indica que, na região do Barreiro, ocorrem classes de vulnerabilidade baixa, moderada e alta. Predominam as classes moderada e baixa e, para a elaboração do mapa, utilizaram-se as seguintes considerações e valores, de acordo com a figura 32:

Vulnerabilidade Baixa: Aqüíferos não confinados ou livres (1,0), em solos residuais (0,4) e níveis freáticos > 20 metros (0,6).

Aqüíferos livres, cobertos (0,6), em quartzitos fraturados (0,8) e níveis freáticos > 20 metros (0,6).

Vulnerabilidade Moderada: Aqüíferos livres (1,0), em solos residuais (0,4) e níveis freáticos < 5 metros (0,9) e de 5 a 20 metros (0,7).

Aqüíferos livres com pouca espessura de solo (0,7), em quartzitos fraturados (0,8) e níveis freáticos < 20 m (0,8).

Vulnerabilidade Alta: Aqüíferos livres (1,0), em solos residuais do carbonatito (0,6) e níveis freáticos < 5 metros (0,9).

Aqüíferos livres, isentos ou com pouca espessura de solo (0,8), em quartzitos fraturados (0,8) e níveis freáticos < 5 metros (0,9).

9.8 - Conclusões

- Os aqüíferos da região do Barreiro são do tipo intergranular, livres e semiconfinados no manto de intemperismo das rochas do Complexo Carbonatítico e das rochas encaixantes (quartzitos e xistos), e fraturado livre a confinado nos quartzitos, xistos e nas rochas carbonatíticas frescas.
- Genericamente, a recarga do aqüífero intergranular ou Barreiro se dá por infiltração pluvial direta nas áreas topograficamente mais elevadas, e escoar em subsuperfície por linhas de fluxo convergentes até o nível de base, ou zona de descarga, que são os Lagos Superior e Inferior (Lago do Grande Hotel e do Barreiro) na área do Parque das Águas. A recarga, também, verifica-se nas proximidades do anel verde e do Parque das Águas pela infiltração pluvial e pela infiltração das águas acumuladas nos lagos das barragens "E", "F", "A" e "B".
- A recarga do aqüífero fraturado se dá por infiltração direta de águas de precipitação atmosférica, nos poucos pontos de afloramento, e por contribuições da infiltração de águas do solo residual que o recobre. A percolação da água pode atingir grandes profundidades nas rochas quartzíticas em razão do intenso fraturamento a que foi submetida a rocha durante a intrusão do carbonatito.
- Existem cerca de 131 pontos d'água entre poços de abastecimento doméstico, de sangria do enclave contaminado, de infiltração de solução neutralizante, de piezômetros de monitoramento químico e níveis piezométricos (alguns de níveis múltiplos), de poços de extração de água mineral e nascentes. A maioria foi ou é utilizada no monitoramento e na neutralização do enclave contaminado por cloreto de bário e no monitoramento do rebaixamento da mina de fosfato.
- A manutenção e a limpeza dos poços de monitoramento são feitas periodicamente somente nos poços pertencentes à CBMM. Os poços que não têm manutenção podem apresentar resultados físico-químicos e piezométricos errôneos.
- Existem cerca de 39 poços desativados, por motivos diversos, e abandonados sem terem sido adequadamente cimentados de maneira a evitar os riscos de contaminação ao aqüífero.
- A água da fonte Dona Beja é proveniente da infiltração de águas pluviais na área da cava da mina da Arafertil e do anel verde e parte da recarga exercida pelas barragens "F", "E", "A" e "G".

- A fonte D. Beja tem apresentado aumento de vazão desde a implantação das barragens no anel verde.
- A água da fonte Andrade Júnior tem origem provável nos quartzitos intensamente fraturados, preenchidos por minerais sódicos. A percolação atingiria grandes profundidades (centenas de metros), atingindo a zona de contato com as rochas do Complexo Carbonatítico até aflorar em superfície justamente no contato superficial entre estas duas unidades litológicas, que é bastante próximo de onde se encontra a fonte.
- As águas naturais do aquífero intergranular são do tipo bicarbonatadas cálcicas, oligominerais, frias, radioativas, alcalinas a levemente ácidas. Os teores de bário situam-se em torno de 1,4 mg/l.
- As águas do enclave contaminado são do tipo cloretadas cálcicas, frias, duras, ácidas a alcalinas, com teores de bário e cloretos bastante elevados (média de 27,3 e 533,0 mg/l, respectivamente).
- O bário, nas águas naturais locais, tem origem na dissolução do carbonato de bário existente no carbonatito. Os altos teores da pluma contaminante têm origem na barragem de efluentes B4, que acumulou grandes quantidades de cloreto de bário, resíduo do beneficiamento do minério.
- Existe um zoneamento vertical de teores de bário no aquífero intergranular não contaminado devido à recarga pluvial, onde horizontes superficiais do aquífero apresentam menores teores do que águas em profundidade.
- Durante os últimos anos, a pluma contaminante tem-se deslocado em direção ao Parque das Águas e à fonte Dona Beja. Este deslocamento e a atual proximidade sugerem riscos de contaminação do lençol que abastece a fonte. A maior contribuição da recarga oriunda da área da mina da Arafértil e do anel verde, juntamente com as barragens "E", "F", "A" e "G", favorece a diluição da água contaminada e impede o avanço da pluma. Todavia, o aumento nas taxas de bombeamento dos poços na área do anel verde poderá criar um gradiente, favorecendo a avanço da pluma nesta direção.
- A qualidade das águas pode ser comprometida pelos teores de bário encontrado nas águas do aquífero Barreiro e pelos teores elevados proporcionados pela contaminação da barragem B4. O nitrogênio amoniacal, encontrado em praticamente todas as águas amostradas, está acima dos limites de potabilidade definido para águas minerais.
- A vulnerabilidade natural dos aquíferos varia de baixa a alta. A vulnerabilidade considerada alta está na área do Parque das Águas, onde os níveis freáticos dos aquíferos se encontram bastante próximos da superfície. A vulnerabilidade baixa está a montante das minas de fosfato e nióbio, onde o nível freático se encontra a profundidades maiores que 20 metros. Para se avaliar o risco de contaminação aos aquíferos, por qualquer atividade, deverá levar-se em conta a classe de vulnerabilidade local e o tipo ou atividade contaminante.

9.9 - Recomendações

- Perfuração de novos poços para o bombeamento contínuo e a infiltração da solução de sulfato de sódio para o esgotamento e a neutralização do enclave contaminado próximo da barragem "A".
- Estabelecimento, na área do anel verde, de taxas de bombeamento que não ultrapassem a de recarga, de maneira a evitar-se uma alteração na direção do fluxo da pluma contaminante para esta zona do aquífero.

- Monitoramento físico-químico em poços de observação a jusante do Parque das Águas para se avaliar a possível contaminação por bário ao aquífero fraturado ou aluvionar.
- Limpeza periódica dos poços monitorados pela Arafertil.
- Proteção física dos poços de monitoramento para se evitar depredações por transeuntes locais.
- Cimentação dos poços abandonados para se evitar contaminação accidental ou proposital dos aquíferos.
- Análises físico-químicas e microbiológicas periódicas (segundo a Resolução 25/76 - Ministério da Saúde) nas águas dos poços Beja 01, 02 e 03.
- Medições piezométricas periódicas nos poços do Beja 01, 02 e 03 para se avaliar um possível rebaixamento do lençol freático e conseqüente queda de vazão.
- Monitoramento físico-químico completo em poços a serem perfurados próximos às barragens "E", "F", "A" e "G", para se avaliar a qualidade das águas infiltradas no aquífero e oriundas da área da mina de fosfato.
- Preservação das áreas de vulnerabilidade alta, evitando atividades contaminantes como postos de serviço, oficinas, pequenas indústrias, hortas intensivas, currais, etc.
- Avaliação do assoreamento das barragens decorrente das atividades das minas de fosfato e nióbio. O assoreamento diminuirá a eficácia da recarga do aquífero no anel verde.

Capítulo 10

Zoneamento Ecológico-Econômico

10.1 - Objetivo específico

A delimitação de unidades ambientais da região do Barreiro tem por finalidade a atribuição de controles administrativos sobre sua ocupação, estabelecendo normas de uso do solo e manejo de recursos naturais, refletindo a intenção social quanto ao padrão de desenvolvimento desejável para a região.

Seu principal objetivo reside no estabelecimento de medidas de proteção ou de conservação das áreas, cuja ocupação inadequada altera a produção e a qualidade das águas, afetando o equilíbrio hidrológico das bacias fluviais e dos aquíferos subterrâneos.

O Complexo turístico do Barreiro está inserido em contexto geológico, onde coexistem atividades minerais de grande importância econômica, responsáveis pela geração de empregos e principal fonte de renda do município, contribuindo expressivamente para a arrecadação do Estado e do País. De acordo com os dados do Anuário Mineral Brasileiro - 1996, do DNPM, o valor da produção de nióbio pela CBMM atingiu US\$ 18.567 508, em 1995.

10.2 - Metodologia

A formulação do diagnóstico ambiental da bacia do Barreiro, bem como a definição e a delimitação das unidades ambientais propostas, exige análises consistentes de um conjunto de temas e de seus fatores intervenientes. Para caracterização do meio físico e de sua cobertura vegetal, foram utilizados os levantamentos geológicos, do uso da terra, hidrológico e hidrogeológicos, realizados pela CPRM no âmbito do Projeto Araxá. A análise e a integração desses temas, frente às tendências socioeconômicas da região, permitiram delimitar as unidades ambientais que compõem o zoneamento proposto.

10.3 - Zoneamento

A definição e a caracterização das unidades ambientais visam fornecer orientações programáticas e respectivas normas gerais para o disciplinamento do uso e ocupação do meio físico. O zoneamento proposto é formado por Zona de Proteção, Zona de Conservação de Uso Disciplinado e Zona de Atividades Minerio-Industriais, regidas por leis específicas.

Os espaços delimitados com a função de proteger os sistemas naturais existentes, cuja utilização dependerá de normas de controle rigorosas, são denominados zona de proteção. A zona de conservação delimita os espaços cuja função é permitir a ocupação sob condições adequadas de manejo e cujo uso requer critérios menos rígidos, denominada zona de conservação de uso disciplinado.

Para efeito do estabelecimento dos critérios de uso e ocupação do solo, foram definidas as seguintes categorias de controle:

Uso Permitido ou tolerado* - são categorias de uso e ocupação do solo compatíveis com as funções e diretrizes da zona considerada ou atividades já existentes na área*, mas que deverão merecer restrições em seu desenvolvimento.

Uso Proibido - são categorias de uso e ocupação do solo incompatíveis com as funções e diretrizes da zona considerada.

O zoneamento proposto para a bacia do Barreiro é constituído das seguintes zonas, conforme delimitação constante das Figuras 33, 34 e 35 e do Mapa de Zoneamento Ecológico-Económico, escala 1:10 000, anexos à presente publicação:

Zona de Proteção dos Recursos Hídricos - ZPRH

Zona de Conservação de Uso Disciplinado - ZCUD

Zona de Atividade Mineira e Industrial - ZAMI

10.3.1 - Zona de Proteção dos Recursos Hídricos - ZPRH

10.3.1.1 - Função

Proteger os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, bem como a vegetação primitiva e secundária existente, visando preservar os cursos d'água, lagoas, fontes hidrominerais e aquíferos subterrâneos.

10.3.1.2 - Critérios de Delimitação

- Limites das zonas de recarga dos aquíferos;
- Vertentes das sub-bacias dos córregos Cascatinha, da Mata e parte do córrego da Baritina;
- Cerrados, matas primitivas, como a da Cascatinha, matas ciliares e porções de áreas reflorestadas existentes, incluindo o Cinturão Verde;
- Lagos e lagoas naturais e artificiais, oriundas de barragens, que constituem áreas de recarga do aquífero intergranular;
- Unidades urbanas de importância, como o Grande Hotel, Termas e fontes naturais como D. Beja e Andrade Júnior;
- Áreas de ocorrência do aquífero constituído por rochas xisto-quartzíticas e áreas de proteção no entorno dos poços tubulares utilizados para extração da água subterrânea.

10.3.1.3 - Principais Conflitos de Uso

- Atividades de mineração e beneficiamento de fosfato e nióbio, gerando grande movimentação de terra, extração da cobertura vegetal primitiva e deposição de rejeitos em vertentes das bacias dos córregos Cascatinha e Baritina;
- Assoreamento de lagos e lagoas pela carga sólida originada da movimentação de terras dos trabalhos de mineração;
- Lançamento de resíduos industriais nas cabeceiras do córrego da Mata;
- Assentamentos urbanos sem condições de infra-estrutura de saneamento básico;
- Depósito de lixo urbano (lixão);
- Instalação de postos de serviços ou de pequenas instalações industriais, utilizando combustíveis e lubrificantes ou outros agentes poluidores;
- Agricultura domiciliar ou não, utilizando adubos tóxicos ou pesticidas;
- Pastagens em vertentes de alta declividade, ocasionando erosão e assoreamento ou abrigos de animais próximos a lagoas, fontes e poços tubulares, gerando grande quantidade de carga orgânica.

10.3.1.4 - Restrições ao Uso e Ocupação

Usos permitidos ou tolerados*

- Hotéis e outros equipamentos destinados ao turismo de grande porte, condicionados à implantação de infra-estrutura de saneamento básico e adução planejada de água potável;
- Parques, campos de esportes, centro de convenções e exposições, condicionados à implantação de infra-estrutura de saneamento básico e drenagem;

- Utilização dos recursos hídricos subterrâneos de acordo com a capacidade de renovação das reservas dos aquíferos;
 - Reflorestamentos com espécies preferencialmente nativas, visando ao adensamento da vegetação e à recomposição florística;
 - *Assentamentos urbanos residenciais e de serviços existentes, observadas as condições de arruamento, obras de drenagens, controle de erosão e implantação de infra-estrutura de saneamento básico;
 - *Atividades agropecuárias de pequeno porte, existentes em áreas de baixa declividade e afastadas de mananciais, fontes e poços tubulares de extração de água subterrânea.
- (* - usos tolerados)

Usos proibidos

- Parcelamentos do solo visando a loteamentos residenciais ou de chacreamento;
- Ocupação de faixas limítrofes dos mananciais, cursos d'água, lagos e lagoas, conforme normalização do Código Florestal;
- Criação intensiva de animais de qualquer espécie e construção de currais, pocilgas ou quaisquer outras fontes de matéria orgânica animal, próximas a poços tubulares de extração de água subterrânea, cisternas, fontes, lagos naturais ou artificiais e cursos d'água;
- Utilização de áreas para disposição e tratamento de efluentes sanitários, resíduos domésticos, de mineração ou industrial;
- Agricultura com manejo intensivo e com uso de defensivos agrícolas e adubos tóxicos;
- Implantação e operação de indústrias, exceto as de engarrafamento de água ou aquelas de origem caseira, sem uso ou produção de agentes poluidores;
- Postos de serviço que utilizem substâncias poluidoras.

10.3.1.5 - Programas

Os programas a serem implantados definirão as ações de apoio que estimularão os processos econômico-sociais ambientalmente adequados, reorientando processos inadequados e suprindo os meios e as lacunas do conhecimento que, atualmente, limitam o desenvolvimento em moldes ambientalmente sustentáveis. Os seus objetivos são buscar as articulações do zoneamento e das ações de controle ambiental propostas, visando corrigir as posturas e práticas ambientais vigentes, através de ações preventivas, buscando a eliminação ou mitigação gradual dos conflitos de uso existentes.

Recomenda-se implantar Programas visando à dinamização da educação ambiental ao monitoramento e controle do saneamento básico, à recuperação de áreas degradadas, à pesquisa ambiental com desenvolvimento de técnicas de revegetação e conservação da fauna e ao controle da execução de poços para adução de água subterrânea. Recomenda-se ainda criar programas de suporte logístico, técnico e financeiro, através de parcerias com o setor privado e estatal, a fim de viabilizar os programas ambientais sugeridos.

10.3.2 - Zona de Conservação do Uso Disciplinado - ZCUD

10.3.2.1 - Função

Sua função é assegurar a integridade dos sistemas ambientais da Zona de Proteção dos Recursos Hídricos- ZPRH, através do controle e disciplinamento das atividades antrópicas que atuem ou vierem a atuar nesse espaço.

10.3.2.2 - Critérios de Delimitação

- Vertentes com inclinação direcionada para Zona de Proteção dos Recursos Hídricos;
- Áreas de ocorrência de solos e rochas quartzíticas, excluídas as que pertencem à ZPRH, que poderão ser utilizadas para locação de poços tubulares para extração de água.

10.3.2.3 - Principais Conflitos de Uso

- Deposição de rejeitos resultantes da mineração de fosfato;
- Assoreamento de cursos d'água e lagoas artificiais oriundas da carga sólida resultante da grande movimentação de terra proveniente dos trabalhos de mineração;
- Pastagens em áreas de alta declividade, ocasionando erosão e assoreamento.

10.3.2.4 - Restrições ao Uso e Ocupação

Usos Permitidos ou tolerados*

- *Agricultura extensiva, sem o emprego de fertilizantes tóxicos ou pesticidas;
- Pecuária em áreas com declividade inferior a 45%;
- Loteamentos urbanos de baixa a média densidade, atendendo aos seguintes requisitos mínimos:
 - a) A implantação de qualquer projeto de parcelamento deve conter a exigência de que sua abertura deve ser realizada simultaneamente aos trabalhos de drenagem superficial das vias públicas, com instalação de meio-fio, canaletas, bocas-de-lobo e caixas de dissipação ou transição;
 - b) Deve ser prevista a proteção superficial dos arruamentos, com compactação do terreno, encascalhamento ou mesmo sua pavimentação definitiva;
 - c) Devem ser, tanto quanto possível, preservadas as coberturas vegetais;
 - d) Os projetos de parcelamento devem merecer cuidados especiais em relação ao sistema de saneamento básico.
- Instalação de indústrias de pequeno porte, sem uso ou geração de rejeitos poluentes;
- Atividades de reflorestamento.

(* - usos tolerados)

Usos Proibidos

- Atividades de mineração de qualquer espécie;
- Assentamento urbano sem infra-estrutura adequada;
- Instalação de indústrias que utilizem ou gerem rejeitos poluentes;
- Instalação de atividades que gerem grande movimentação de terras;
- Atividades de desmatamento;
- Atividades agrícolas com uso de pesticidas ou fertilizantes tóxicos;
- Pecuária em áreas com declividade superior a 45%;
- Postos de serviços que utilizem substâncias poluidoras;
- Deposição de rejeitos urbanos, de mineração ou industrial de qualquer espécie.
- Casos especiais podem ser analisados para construção de pilhas de rejeitos de mineração controlados, sujeitos a projetos específicos de engenharia com adoção de sistemas de drenagem, filtragem e proteção simultânea à colocação do estéril.

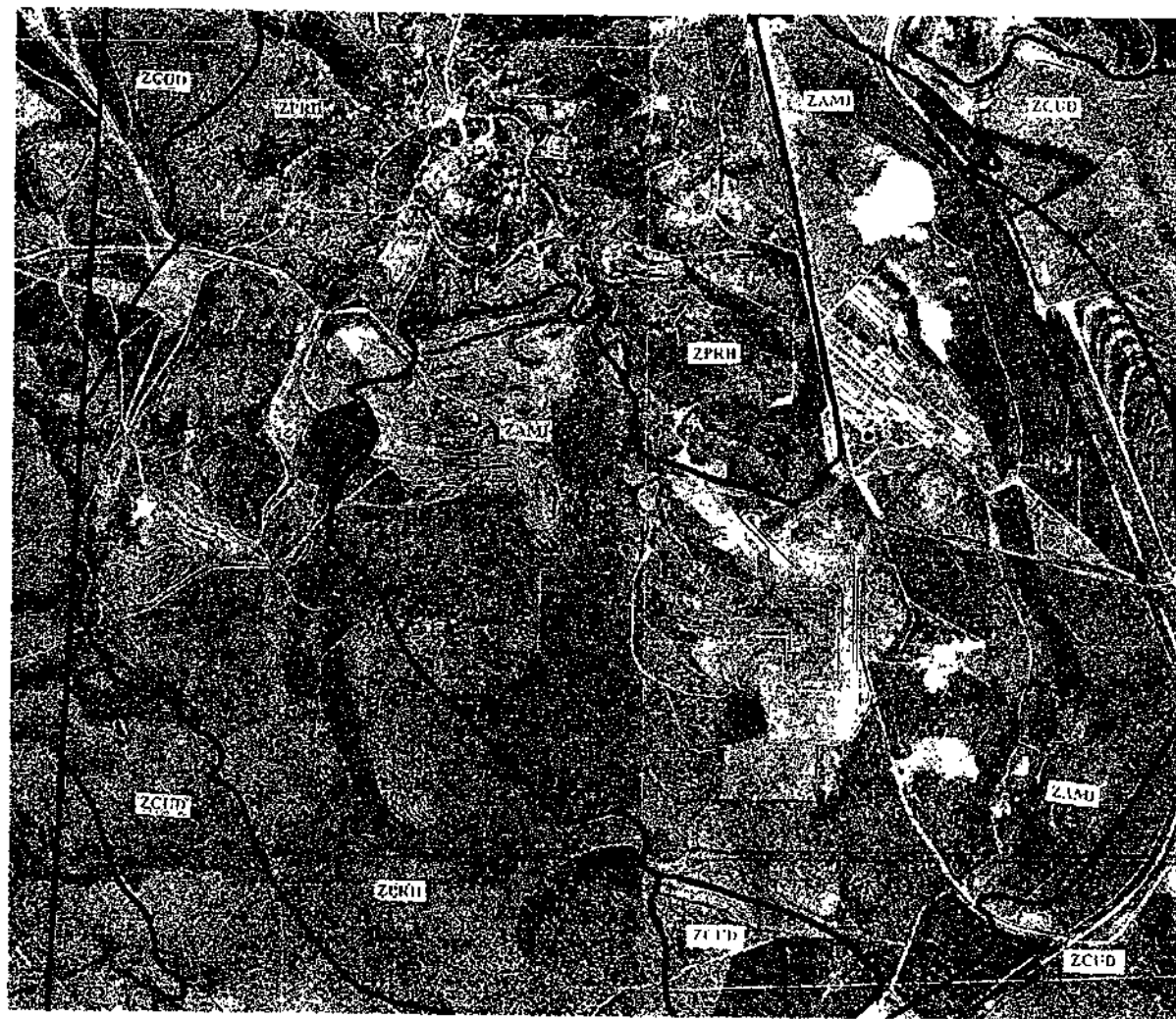
10.3.3 - Zona de Atividade Mineira Industrial - ZAMI

10.3.3.1 - Função

Abrigar as atividades de mineração, beneficiamento e metalurgia, existentes na região do Barreiro.

10.3.3.2 - Uso e Ocupação

- Atividades de mineração, beneficiamento mineral ou metalurgia existentes, regularmente licenciadas e fiscalizadas pelos Órgãos de Controle Ambiental e Departamento Nacional da Produção Mineral.



LEGENDA

ZPRH	- Zona de Proteção dos Recursos Hídricos
ZCUD	- Zona de Conservação de Uso Disciplinado
ZAMI	Zona de Atividades Mineira Industrial

- (1) - Complexo Turístico do Barreiro
- (2) - Área Industrial I da CBMM
- (3) - Frente de lavra da CBMM
- (4) - Frente de lavra da Araferti
- (5) - Mata da Cascatinha

Base: Ampliação fotografica.
Foto 027. 0 - 393 - 20
028 0 393 20
Escala 1.20.000
1986

Escala aproximada 1 68 550

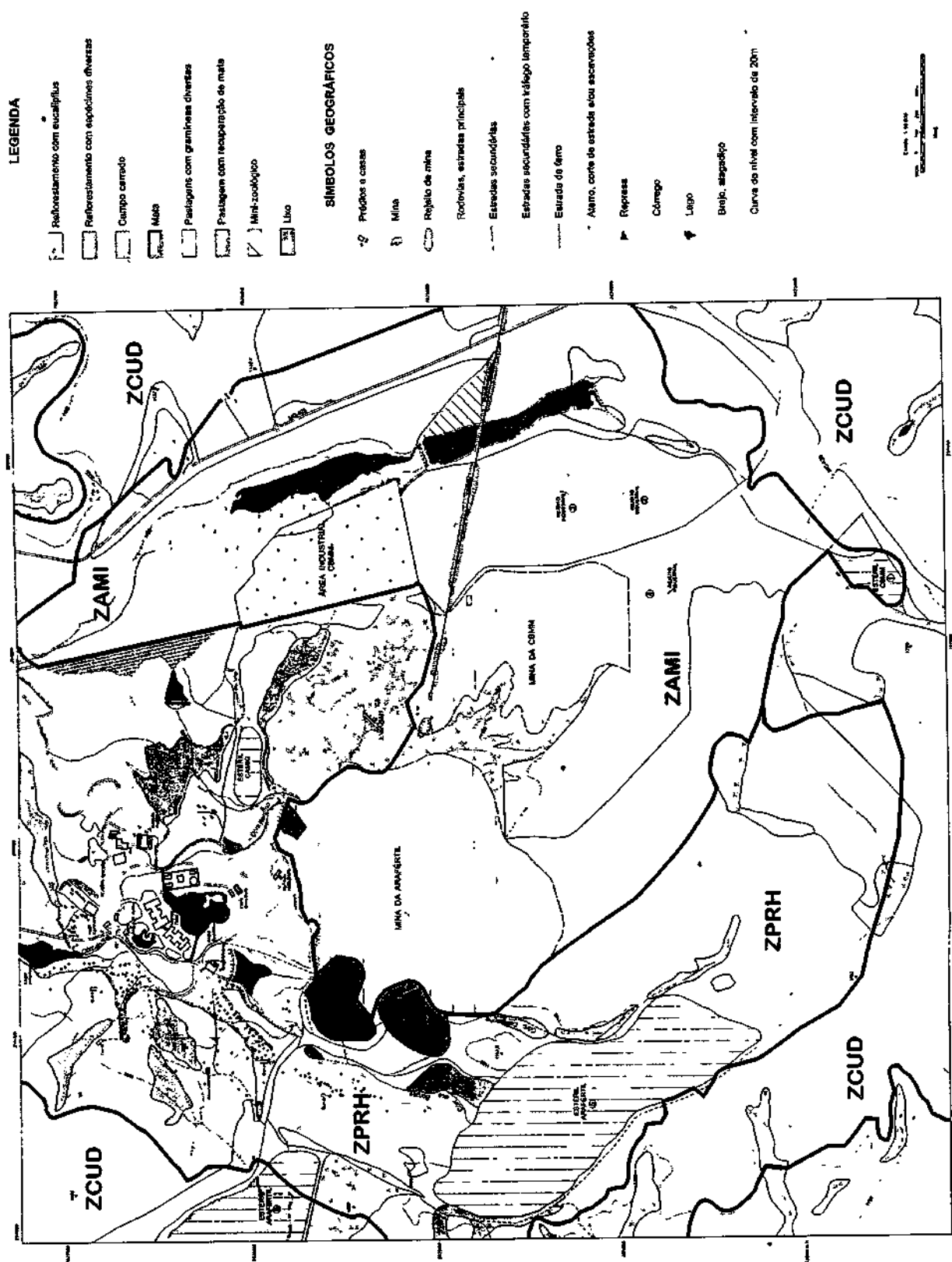
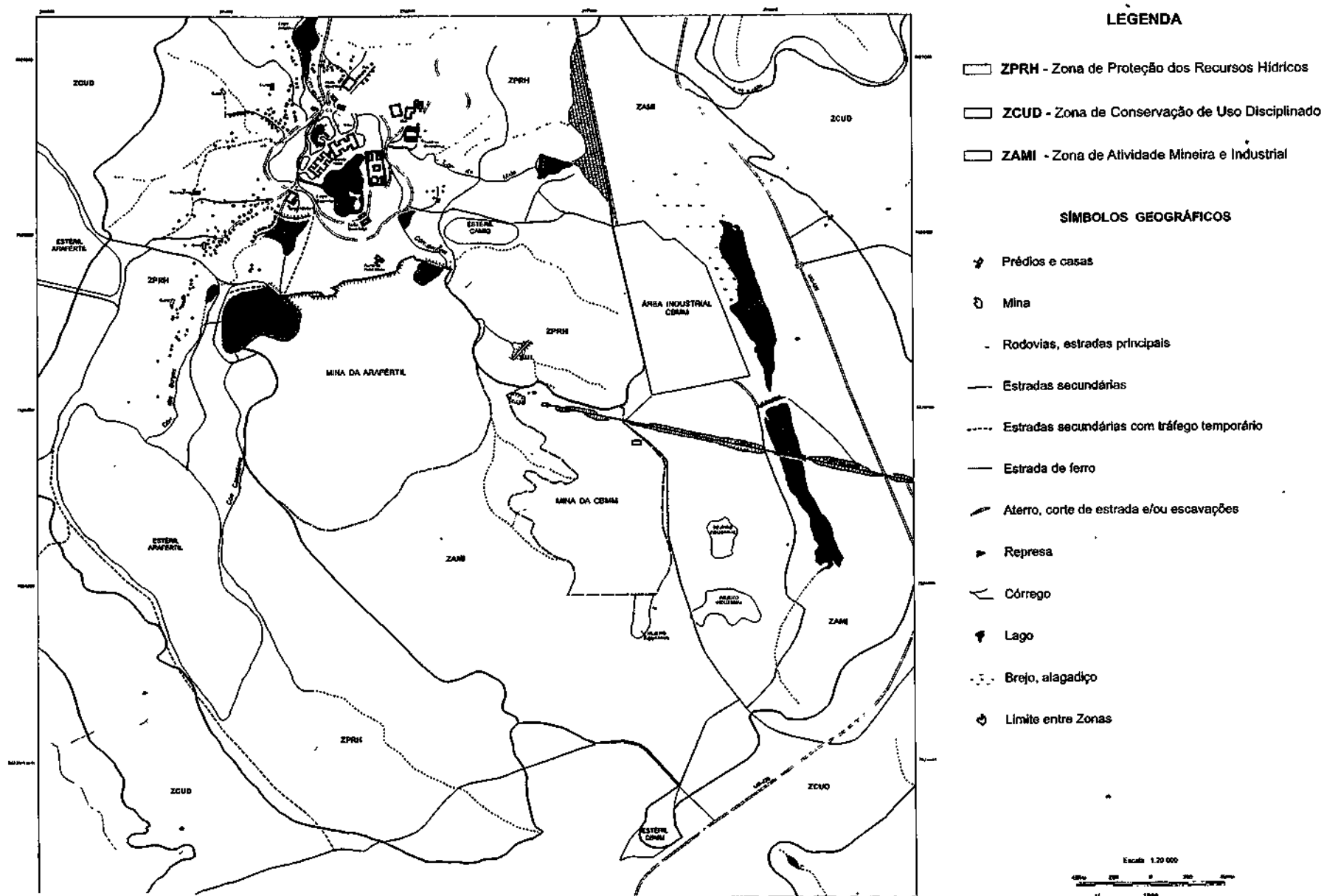


Figura 34 - Limite das Zonas em função do Uso da Terra.

Figura 35 - Mapa de Zoneamento Ecológico-Económico.



Referências Bibliográficas

- BARBOSA, O., BRAUN, O., P. G. DYER, R. C., CUNHA, C. A B. - **Geologia da Região do Triângulo Mineiro**. Boletim do Departamento Nacional da Produção Mineral, n.136, 1970. 24 p. [Inclui mapas].
- BEATO, D. A.C. **Aspectos Hidroquímicos e de Qualidade das Águas do Aquífero Cárstico na Área do Projeto VIDA-MG**. *Rev. Águas Subterrâneas*, São Paulo, ABAS-Assoc. Bras. de Águas Subterrâneas, v.1, n.15, p.41-55, 1996.
- CASTRO, L. O - **A pesquisa de urânio em Araxá**. In CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22. Belo Horizonte, 1968. Anais... Belo Horizonte, 1968.
- CETESB. **Determinação de bário em águas , método da espectrofotometria de absorção atômica**; L 5. 105. São Paulo: CETESB, 1978. 7p. [Norma técnica]
- CUSTÓDIO, E. LLAMAS, M. **Hidrologia subterrânea**. Barcelona: Omega, 1983. 2350p.
- DAVIS, S. & DeWIEST, R. **Hydrogeology**. Ed. John Wiley & Sons, N. York. 1966. 463p.
- FERREIRA, O.L.M., CASTRO, L. O. **Análise estatística dos teores de urânio do corpo da área III, Araxá-MG**. In: CONG. BRAS. DE GEOL., 22, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte, SBG, 1968.
- FETTER, C.W. **Applied Hydrogeology**. Ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, US. 1994. 691p.
- FOSTER, S. & HIRATA, R. **Determinação do Risco de Contaminação das Águas Subterrâneas: um método baseado em dados existentes**. Ed. Instituto Geológico - SMA, Bol. 10, São Paulo. 1993. 90 p.
- GROSSI SAAD.J. H., TORRES, N. - **Geologia e Recursos Minerais do Distrito de Barreiro, Araxá, MG**. Brasília: DNPM, 1970.
- GUIMARÃES, D. **Relatório sobre a jazida de pirocloro do Barreiro, Araxá, Minas Gerais**. Belo Horizonte: DNPM, 1957. 87P. [Inclui 12 mapas/ol., 103].
- HASSUI, Y., CORDANI, U. G. **Idades Potássio-Argônio de rochas eruptivas mesozóicas do Oeste Mineiro e Sul de Goiás**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, SBG, 1968. p. 139-43.
- HEM, J. **Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water Geological Survey Water-Supply, paper 1473**. WASHINGTON: usgs, 1962. 269P.
- HERAS, R. (ORG.) **Manual de hidrologia; princípios básicos en hidrologia**. Madrid: Escuela de Hidrologia, 1972. v. 1. 473 p.
- ISSA FILHO, A., LIMA P.R.A. dos S., SOUZA, O. M. de. **Aspectos da geologia do Complexo Carbonatítico do Barreiro, Araxá, MG, Brasil**. São Paulo: CBMM, 1984. 44P.
- LAFUENTE, J. G. C. **Química del agua**. Madrid, Blume, 1969. 355 p.

- MAGALHÃES, Mário de Castro, Dr. **A Estância de Araxá**. Buenos Aires: Associação Médica, 1945. 124p.il. [Conferência da Sessão Extraordinária da Soc. Argentina de Hidrologia e Climatologia de Buenos Ayres, em 02/07/945].
- MENDES, M. J. C., MURTA, C.C., CASTRO, L.O. **Mineralogia do depósito de terras raras, nióbio e urânio da área Zero, Araxá, MG**. In: CONG. BRAS. DE GEOL., 22, Belo ...*Anais...*SBG, 1968.
- MOURÃO, B. M. **Medicina Hidrológica**. Sec. Municipal de Educação. Poços de Caldas. [1990]. 731 p.
- NIMER, E. **Clima**. In: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geografia do Brasil; região sudeste. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. p. 51-89.
- PATRUS, M. Leticia R.A. **Estudo hidrológico e qualidade ...** Belo Horizonte: IBAMA/CPRM, 1998. v.1. In: APA Carste de Lagoa Santa; Meio Físico.
- PRATINI DE MORAES, J. A. **A Neutralização da contaminação de BaCl₂ no Barreiro de Araxá: Relatório final**. Belo Horizonte: ECOS Geologia, Consultoria e Serviços Ltda., 1995. 33 p. il. [Projeto Monitoramento Hidrogeológico do Barreiro/CBMM - Relatório interno].
- . **Avaliação do impacto hidrogeológico da mineração de fosfato no Barreiro de Araxá**. Belo Horizonte: ECOS Geologia, Consultoria e Serviços Ltda., 1990. 56 p. il. [Projeto Monitoramento Hidrogeológico do Barreiro/Arafertil - Relatório interno].
- . **Medição de Vazão da Fonte Beja: Informe Técnico**. Belo Horizonte: ECOS Geologia, Consultoria e Serviços Ltda., 1984. 16 p. il. [Projeto Monitoramento Hidrogeológico do Barreiro/Arafertil - Relatório interno].
- . **Monitoramento Hidrogeológico do Barreiro de Araxá: Relatório 1º semestre**. Belo Horizonte: ECOS Geologia, Consultoria e Serviços Ltda., 1989. 19 p. il. [Projeto Monitoramento Hidrogeológico do Barreiro/Arafertil - Relatório interno].
- RIGGS, H. C. **The transfer value of information collected on representative basins**. Washington: US. Geological Survey. s.n.t.
- SECRETARIA ESTADUAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM nº 010/86 de 16 de dezembro de 1986**. Minas Gerais, I.O ./MG, 10 jan 1987. parte 1, p. 13-15. [Jornal]
- SOUZA, Sérgio M. Teixeira de, Coord. **Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte: Hidrossistemas/COPASA, 1993, 264p. [Inclui mapa-índice]
- THORNTHWAIT, C. W. **An approach toward a rational classification of climate**. Geog. Rer., 1948. v.38, 55-94, 1948. *apud* Villa Nova, N. A., REICHARDT, K. **Evaporação e evapotranspiração**. In: Ramos, F. *et al. Engenharia hidrológica*. Rio de Janeiro: UFRJ, ABRH, 1989. p. 175-193.

Documentação Fotográfica



Foto 1 - Vale do córrego da Mata e Complexo do Grande Hotel do Barreiro. Ao fundo, zona urbana do Barreiro e depósito de estéril no vale do córrego Cascatinha, à esquerda. No primeiro plano, reflorestamento do Pró-Araxá/CBMM.

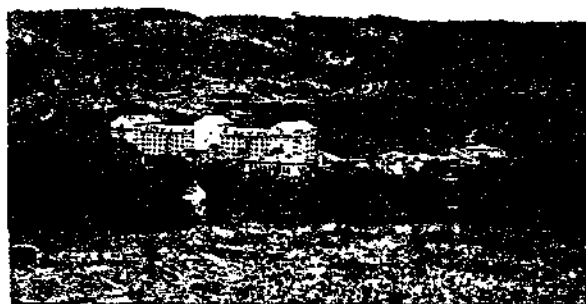


Foto 2 - Complexo turístico do Grande Hotel, com reflorestamento ao seu redor. Área de reflorestamento de eucalipto ao fundo, canto esquerdo e áreas de mineração da Arafertil e CBMM (ZAMI).



Foto 3 - Vista do Complexo turístico do Grande Hotel, Terme e do Lago Superior.



Foto 4 - Lago com fonte sulfurosa, situado à frente do Grande Hotel. Ao fundo, fonte sulfurosa Andrade Júnior.



Foto 5 - Mirante do Anel (Barragem F). Ao fundo, à esquerda, mata da Cascatinha e depósitos de rejeitos de rocha fosfática nas margens do córrego da Cascatinha, à esquerda.



Foto 6 - Vista panorâmica mostrando a barragem E, em primeiro plano e o Complexo turístico do Grande Hotel do Barreiro, ao fundo.



Foto 7 - Lagoa de lançamento de efluentes de metalurgia da CBMM (Barragem 4). Ao fundo, zona assoreada da barragem.



Foto 8 - Lagoa de dispersão de efluentes da indústria metalúrgica da CBMM (Barragem 4). À direita, complexo metalúrgico do CBMM.



Foto 9 - Praça de mineração de nióbio da CBMM.



Foto.10 - Mineração de fosfato da Arafertil. Observar sistemas de drenos para rebaixamento do freático.



Foto 11 - Fósseis Haplomastodon Waringi (Mastodonte) Herbívoras.



Foto 12 - Área de depósito de estéril da Arafertil.



Foto 13 - Lixão na área do Barreiro.



Foto 14 - Área de Pastagem, cabeceira do córrego da Cascatinha; no fundo, mata preservada.



Foto 15 - Córrego Cascatinha a montante da Mata da Cascatinha.



Foto 16 - Córrego Baritina - Próximo ao Grande Hotel, local de medição.



Foto 17 - Represa H - Córrego da Cascatinha.

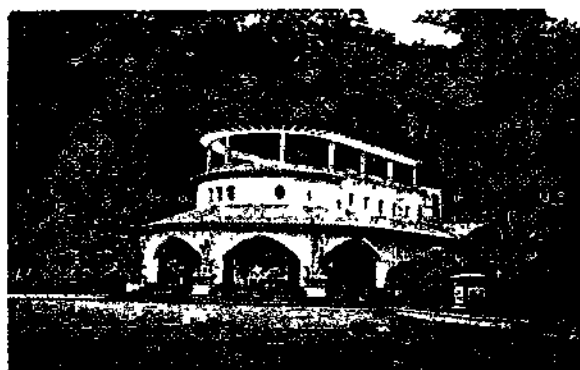


Foto 18 - Fonte Dona Beja.

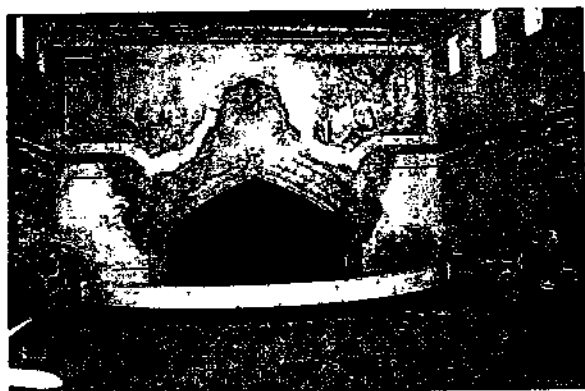


Foto 19 - Nascente da fonte Dona Beja na base da cascata. Reservatório da fonte situa-se sob o piso.



Foto 20 - Nascente da Fonte Dona Beja (nível d'água é do reservatório).



Foto 21 - Ponto de medição de vazão da Fonte Dona Beja.



Foto 22 - Cava de Mina de Fosfato ao Sul do Anel Verde (à direita).

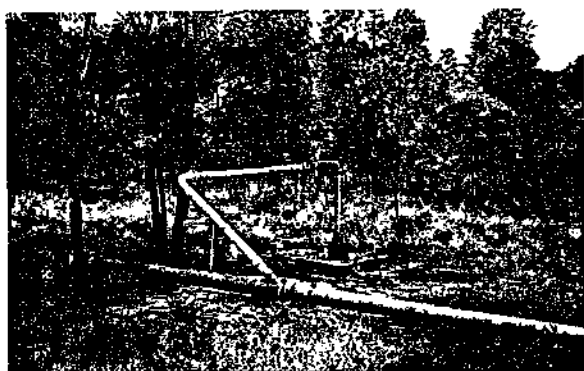


Foto 23 - Poço de Sangria da Barragem B-4.



Foto 24 - Piezômetro multinível no córrego da Mata.



Foto 25 — Poço de infiltração de sulfato de sódio.

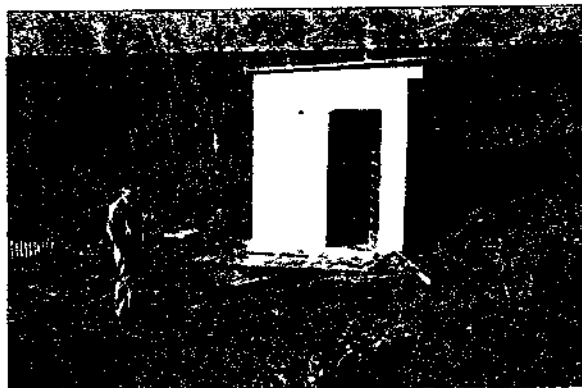


Foto 26 - Poço Beja 01 ao lado da fonte Dona Beja (à esquerda).



Foto 27 - Captação por poço tubular da fonte Andrade Júnior. As tomadas d'água encontram-se na coluna do revestimento.

Anexo

Catálogo de pontos d'água

CATÁLOGO DE PONTOS D'ÁGUA

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

Ordem	Identificação	Localização	Coordenadas	Altitude (m)	Natureza do Ponto	Material	Data	Profundidade (m)	Diâmetro (mm)	Observações	Temperatura (°C)	Condutividade (µS/cm)	pH	Observações	Observações	Observações	Observações	Observações	Observações
01	057/647 A	Córrego da Mata	CBMM	7826752	296754	P M	Barreiro	21/11/97	100,48	6,35	PVC		1,058,35	24,92	1,033,43				
	057/647 B	"	"	"	"	"	"	21/11/97	77,48	"	"		1,058,35	24,15	1,034,20				
	057/647 C	"	"	"	"	"	"	21/11/97	56,49	"	"		1,058,36	23,87	1,034,49				
	057/647 D	"	"	"	"	"	"	21/11/97	39,47	"	"		1,058,34	23,81	1,034,53				
02	077/605 A	Córrego da Mata	CBMM	7826863	296545	P M	Barreiro	21/11/97	100,57	6,35	PVC		1,029,01	16,05	1,012,96				
	077/605 B	"	"	"	"	"	"	21/11/97	75,49	"	"		1,029,03	15,75	1,013,28				
	077/605 C	"	"	"	"	"	"	21/11/97	46,62	"	"		1,029,06	14,63	1,014,43				
	077/605 D	"	"	"	"	"	"	21/11/97	26,61	"	"		1,029,06	14,35	1,014,70				
03	085/704 A	Barragem "A"	CBMM	7826803	297017	P M	Barreiro	20/11/97	100,08	6,35	PVC		1,098,95	55,05	1,043,90				
	085/704 B	"	"	"	"	"	"	20/11/97	85,09	"	"		1,098,96	51,20	1,047,78				
	085/704 C	"	"	"	"	"	"	20/11/97	52,11	"	"		1,098,98	47,22	1,051,76				
	085/704 D	"	"	"	"	"	"	20/11/97	65,09	"	"		1,098,96	48,70	1,050,26				
04	089/712	Barragem 4	CBMM	7826592	297079	P B	Barreiro	1,985	140,00	203	Aço	55,50 m de filtro # 1,0 mm	1,095,76	31,82		72,75	30,53	1997	DESATIVADO
05	090/652 A	Córrego da Mata	CBMM	7826591	296781	P M	Barreiro	21/11/97	100,65	6,35	PVC		1,058,11	25,95	1,032,16				
	090/652 B	"	"	"	"	"	"	21/11/97	69,64	"	"		1,058,10	23,51	1,034,59				
	090/652 C	"	"	"	"	"	"	21/11/97	53,64	"	"		1,058,10	22,65	1,035,45				
	090/652 D	"	"	"	"	"	"	21/11/97	36,65	"	"		1,058,11	21,25	1,036,06				
06	092/670	Barragem "D"	CBMM	7826547	296849	P I	Barreiro												DESATIVADO
07	092/682	Barragem "D"	CBMM	7826545	296916	P I	Barreiro												DESATIVADO
08	092/800	Barragem 4	CBMM	7826593	297506	P I	Barreiro						1,101,14						
09	100/360	Lago Inferior	Ararótil	7826543	295460	P M	Barreiro	01/12/97	14,09	6,35	PVC	0,91	953,10	1,35					DESATIVADO
10	100/470	Em frente ao H. Providência	Ararótil	7826543	295872	P M	Barreiro	01/12/97		6,35	PVC		959,06						OBSTRUÍDO
11	100/585	Barragem "D"	CBMM	7826514	296937	P I	Barreiro												DESATIVADO
12	102/705 PB4-2	Barragem 4	CBMM	7826534	297095	P B	Barreiro	1,985	140,00	203	Aço	53,68 m de filtro # 1,0 mm	1,095,06	34,34		86,64	63,72		DESATIVADO
13	104/744	Barragem 4	CBMM	7826512	297240	P I	Barreiro												DESATIVADO
14	110/600 A	Córrego da Mata	CBMM	7826533	296541	P M	Barreiro	21/11/97	96,18	6,35	PVC	0,18	1,033,13	20,02	1,013,11				
	110/600 B	"	"	"	"	"	"	21/11/97	74,70	"	"	0,24	1,033,13	19,95	1,013,16				
	110/600 C	"	"	"	"	"	"	21/11/97	51,18	"	"	0,25	1,033,13	19,96	1,013,17				
	110/600 D	"	"	"	"	"	"	21/11/97	27,90	"	"	0,50	1,033,13	19,95	1,013,20				
15	110/695 A	Barragem "D"	CBMM	7826482	296942	P I	Barreiro						1,080						
	110/695 B	"	"	"	"	"	"												
	110/695 C	"	"	"	"	"	"												
	110/695 D	"	"	"	"	"	"												
16	110/670	Barragem "D"	CBMM	7826466	296853	P I	Barreiro												DESATIVADO
17	115/540 A	Córrego da Mata	CBMM	7826467	296227	P M	Barreiro	20/11/97	60,94	6,35	PVC		976,64	13,95	962,69				
	115/540 B	"	"	"	"	"	"	20/11/97	45,94	"	"		976,64	12,75	963,89				
	115/540 C	"	"	"	"	"	"	20/11/97	30,93	"	"		976,63	11,28	965,35				
	115/540 D	"	"	"	"	"	"	20/11/97	15,93	"	"		976,63	10,95	965,68				
18	116/718 PB4-1	Barragem 4	CBMM	7826459	297111	P B	Barreiro	1,985	140,00	203	Aço	55,90 m de filtro # 1,0 mm	1,095,36	34,30		84,10	58,82		
19	120/685	Barragem "D"	CBMM	7826441	296944	P I	Barreiro												DESATIVADO
20	123/722	Barragem 4	CBMM	7826399	297124	P B	Barreiro	1,985	120,00	203	Aço	35,87 m de filtro # 1,0 mm	1,095,12	32,48		78,48	22,86		DESATIVADO
21	124/575 A	Córrego da Mata	CBMM	7826412	296393	P M	Barreiro	21/11/97	100,60	6,35	PVC		1,013,22	34,50	978,72				
	124/575 B	"	"	"	"	"	"	21/11/97	75,59	"	"		1,013,21	23,43	988,78				
	124/575 C	"	"	"	"	"	"	21/11/97	50,58	"	"		1,013,20	17,71	995,49				
	124/575 D	"	"	"	"	"	"	21/11/97	25,57	"	"		1,013,19	14,60	998,59				
22	125/712 B	Barragem 4	CBMM	7826401	297058	P M	Barreiro	20/11/97	95,59	6,35	PVC		1,099,30	46,49	1,062,81				
	125/712 C	"	"	"	"	"	"	20/11/97	65,40	"	"		1,099,31	46,49	1,052,82				
23	125/845	Barragem 4	CBMM	7826408	297739	P I	Barreiro												

Observações: Natureza do Ponto: PB = Poço de Bombeamento; PI = Poço de Infiltração; PM = Poço de Monitoramento; NC = Nascente;

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

Observações: Natureza do Ponto: PB = Poço de Bombeamento; PI = Poço de Infiltração; PM = Poço de Monitoramento; NC = Nascente;

CATÁLOGO DE PONTOS D'ÁGUA

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

Nº	Identificação	Coordenadas	Altitude (m)	Profundidade (m)	Material	Observações	Coordenadas	Altitude (m)	Profundidade (m)	Material	Observações	Coordenadas	Altitude (m)	Profundidade (m)	Material	Observações	Coordenadas	Altitude (m)	Profundidade (m)	Material	Observações
49	188/476 A	Barragem 'A'	CBMM	7826061	295902	P M	Barreiro	20/11/97	50,69	6,35	PVC		982,59	14,07	967,62						
	188/476 B	"	"	"	"	"	"	20/11/97	35,64	"	"		982,56	14,48	968,07						
	188/476 C	Barragem 'A'	CBMM	"	"	P M	Barreiro	20/11/97	20,69	6,35	PVC		982,60	14,33	968,27						
	190/420	Próximo à Fonte Beja	Araújo/CBMM	7826064	295618	P M	Barreiro	20/11/97	41,50	7,62	PVC	0,46	985,71	6,50	957,06						
	190/460 A	Atrás da Fonte Beja	Araújo/CBMM	7826061	295826	P M	Barreiro	20/11/97	74,85	6,35	PVC	0,55	985,72	21,52	964,19						
	190/460 B	"	"	"	"	"	"	20/11/97	59,56	"	"	0,55	985,72	16,26	967,47						
	190/460 C	"	"	"	"	"	"	20/11/97	45,06	"	"	0,55	985,72	17,97	967,75						
	190/460 D	"	"	"	"	"	"	20/11/97	30,56	"	"	0,55	985,72	18,06	967,68						
52	190/530 A	Córrego Barfina	CBMM	7826076	296158	P M	Barreiro	20/11/97	68,61	6,35	PVC	0,61	994,59	22,22	972,37						
	190/530 B	"	"	"	"	"	"	20/11/97	71,91	"	"	0,61	994,59	22,70	971,89						
	190/530 C	"	"	"	"	"	"	20/11/97	45,22	"	"	0,62	994,60	19,53	975,07						
	190/530 D	"	"	"	"	"	"	20/11/97	16,82	"	"	0,62	994,60	19,35	981,25						
53	192/546	Córrego da Mata	CBMM	7826072	296240	P M	Barreiro	1985	64,00	152			55,50 m de filtro # 1,0 mm	1.005,80	9,40		41,85	10,26		OBSTRUÍDO	
	193/503 A	Barragem 'A'	CBMM	7826060	296030	P M	Barreiro	20/11/97	50,71	6,35	PVC		988,38	19,75	968,63						
	193/503 B	"	"	"	"	"	"	20/11/97	40,70	"	"		988,37	19,62	968,75						
	193/503 C	"	"	"	"	"	"	20/11/97	30,72	"	"		988,39	19,05	969,34						
	193/503 D	"	"	"	"	"	"	20/11/97	20,72	"	"		988,39	17,96	970,41						
55	194/601 A	Córrego Barfina	CBMM	7826058	296530	P M	Barreiro	21/11/97	63,50	6,35	PVC		1.032,55	26,46	1.006,09						
	194/601 B	"	"	"	"	"	"	21/11/97	63,50	"	"		1.032,55	20,80	1.011,65						
	194/601 C	"	"	"	"	"	"	21/11/97	44,50	"	"		1.032,56	18,15	1.014,40						
	194/601 D	"	"	"	"	"	"	21/11/97	23,50	"	"		1.032,55	14,20	1.018,35						
56	195/440	Às lido da Fonte Beja	Araújo	7826045	295732	P M	Barreiro	01/12/97		6,35	PVC		984,15			Sem condições de uso					
57	196/550	Barragem 'A'	CBMM	"	"	P I	Barreiro					1.005									
58	197/671	Barragem 'D'	CBMM	7826052	296965	P I	Barreiro														
59	200/300	Barragem 'E'	Araújo	7826022	295048	P M	Barreiro	01/12/97		6,35	PVC					OBSTRUÍDO					
60	200/350	Alto da Paulista	Araújo	7826045	295278	P M	Barreiro	01/12/97		6,35	PVC					DESTRUÍDO					
61	200/400	Anel Verde	Araújo	7826020	295531	P M	Barreiro	01/12/97	26,11	6,35	PVC	1,39	984,56	24,71						Não monitorado	
62	200/700	Barragem 4	CBMM	7826022	297017	P M	Barreiro	20/11/97	69,00	7,62	PVC		1.091,28	36,92	1.054,36						
63	200/760	Barragem 4	CBMM	7826024	297308	P I	Barreiro						1.097,75								
64	200/900	Barragem 4	CBMM	"	"	P M	Barreiro													DESATIVADO	
65	202/540	Barragem 'A'	CBMM	7826019	296209	P I	Barreiras														
66	205/643	Córrego Barfina	CBMM	7825995	296712	P M	Barreiro	21/11/97	78,00	7,62	PVC		1.054,26	29,10	1.025,18						
	210/440	Anel Verde	Araújo	7825962	295735	P M	Barreiro	01/12/97	20,04	6,35	PVC	1,23	985,24	16,58	968,66						
68	210/450	Anel Verde	"	7825966	295789	P M	Barreiro	01/12/97		6,35	PVC					OBSTRUÍDO					
69	210/540 A	Córrego Barfina	CBMM	7825960	296212	P M	Barreiro	20/11/97	98,73	6,35	PVC		1.007,36	30,51	976,85						
	210/540 B	"	"	"	"	"	"	20/11/97	78,15	"	"		1.007,18	31,61	975,57						
	210/540 D	"	"	"	"	"	"	20/11/97	37,46	"	"		1.007,29	31,63	975,66						
70	212/571	Barragem 4	CBMM	7825967	296864	P I	Barreiro														
71	215/562 A	Córrego Barfina	CBMM	7825961	296293	P M	Barreiro	20/11/97	80,73	6,35	PVC		1.014,03	25,98	988,05						
	215/562 B	"	"	"	"	"	"	20/11/97	63,78	"	"		1.014,07	24,82	988,45						
	215/562 C	"	"	"	"	"	"	20/11/97	46,67	"	"		1.013,97	22,90	991,07						
	215/562 D	"	"	"	"	"	"	20/11/97	25,64	"	"		1.014,12	21,58	992,54						
72	216/526 A	Córrego Barfina	CBMM	7825956	296137	P M	Barreiro	20/11/97	34,50	6,35	PVC		988,16	13,05	975,11						
	216/526 B	"	"	"	"	"	"	20/11/97	21,51	"	"		988,17	12,97	975,20						
73	217/405 A	Anel Verde	Araújo	7825932	295547	P M	Barreiro	01/12/97	21,52	6,35	PVC	1,30				OBSTRUÍDO					
	217/405 B	"	"	"	"	"	"	01/12/97	40,62	"	"	1,30	1.001,70	36,44	965,26						
	217/405 C	"	"	"	"	"	"	01/12/97	32,62	"	"	1,34				OBSTRUÍDO					
	217/405 D	"	"	"	"	"	"	01/12/97	31,54	"	"	1,30				OBSTRUÍDO					
74	222/496 A	Anel Verde	Araújo/CBMM	7825918	295984	P M	Barreiro	20/11/97	50,53	6,35	PVC	0,50	983,06	8,70	974,37						

Observações: Natureza do Ponto: PB = Poço de Bombeamento; PI = Poço de Infiltração; PM = Poço de Monitoramento; NC = Nascente;

Análise físico-química (CPRM 1997)

CATÁLOGO DE PONTOS D'ÁGUA

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

	222/496 B	Anel Verde	Araçatuba/CBMM			P M	Barreiro	20/11/97	32,53	6,35	PVC	0,50			983,06	8,69	974,45					
	222/496 C	"	"			"	"	20/11/97	14,53	"	"	0,50			983,06	8,61	974,43					
	230/480	Anel Verde-Hotel Rádio	Araçatuba/CBMM	7825877	295915	P M	Barreiro	20/11/97	43,00	7,62	PVC	0,69			997,67	23,24	974,43					
	238/693 A	Área Industrial - CBMM	CBMM	7825823	296995	P M	Barreiro	21/11/97	100,82	6,35	PVC				1.077,02	32,00	1.045,02					
	238/693 B	"	"			"	"	21/11/97	80,82	"	"				1.077,02	32,35	104,67					
	238/693 C	"	"			"	"	21/11/97	80,82	"	"				1.077,02	32,48	1.044,54					
	238/693 D	"	"			"	"	21/11/97	45,82	"	"				1.077,02	32,95	1.044,07					
78	240/530	Anel Verde-Hotel Rádio	Araçatuba	7825823	296168	P M	Barreiro							Não Localizado/Desativado								
79	250/365	Anel Verde/Barragem "E"	Araçatuba	7825759	295377	P M	Barreiro	01/12/97	17,45	6,35	PVC	1,20			OBSTRUÍDO							
80	250/450 A	Anel Verde-Hotel Rádio	Araçatuba	7825768	295779	P M	Barreiro	25/09/97	44,70	6,35	PVC	0,43			42,30							
	250/450 B	"	"			"	"	25/09/97	54,15	"	"	0,63			42,37							
	250/450 C	"	"			"	"	25/09/97	68,20	"	"	0,74			42,60							
81	250/500	Anel Verde-Hotel Rádio	Araçatuba	7825769	296000	P M	Barreiro							Não Localizado								
82	250/560 A	Córrego Barilina	CBMM	7825775	296304	P M	Barreiro	20/11/97	60,67	6,35	PVC				1.011,79	24,31	987,48					
	250/560 B	"	"			"	"	20/11/97	44,78	"	"				1.011,80	24,25	967,55					
	250/560 C	"	"			"	"	20/11/97	28,78	"	"				1.011,80	24,50	987,55					
83	257/611 A	Córrego Barilina	CBMM	7825736	296586	P M	Barreiro	20/11/97	100,84	6,35	PVC				1.073,42	78,22	995,20					
	257/611 B	"	"			"	"	20/11/97	83,84	"	"				1.073,42	78,22	995,20					
84	260/400	Anel Verde	Araçatuba	7825719	295524	P M	Barreiro	01/12/97	53,24	6,35	PVC	0,61			1.026,46	50,70						DESATIVADO
85	270/720	Área Industrial	CBMM	7825670	297131	P M	Barreiro								1.107,91	97,48	1.010,43					
86	276/657 A	Córrego Barilina	CBMM	7825629	296790	P M	Barreiro	20/11/97	125,67	6,35	PVC				1.107,92	97,15	1.010,77					
	276/657 B	"	"			"	"	20/11/97	105,68	"	"											
87	285/390	Anel Verde	Araçatuba	7825803	295478	P M	Barreiro							DESTRUIDO								
88	300/340	Barragem "F"	"	7825534	295216	P M	Barreiro							DESTRUIDO								
89	300/540	Córrego Trifon	"	7825513	296198	P M	Barreiro							DESTRUIDO								
90	320/650	Nascente C. Barilina	CBMM	7825423	296760	P M	Barreiro	20/11/97	81,00	7,62	PVC				1.095,78	57,22	1.036,58					
91	330/540	Cava da Mina	CBMM	7825360	296202	P M	Barreiro							DESTRUIDO								
92	340/325	Cava da Mina	CBMM	7825330	295136	P M	Barreiro							DESTRUIDO								
93	348/305	Cava da Mina	CBMM	7825298	295040	P M	Barreiro							DESTRUIDO								
94	350/510	Cava da Mina	CBMM	7825254	296058	P M	Barreiro							DESTRUIDO								
95	360/390	Cava da Mina	Araçatuba	7825229	295314	P M	Barreiro							OBSTRUÍDO								
96	376/295	Mata da Cascatinha	Araçatuba	7825139	294943	P M	Barreiro	01/12/97	9,27	6,35	PVC	0,78			1.099,20	61,58	1.037,64					
97	380/640 A	Correia Transportadora-CBMM	CBMM	7825126	296712	P M	Barreiro	20/11/97	98,62	6,35	PVC	0,62			1.089,20	61,56	1.037,84					
	380/640 B	"	"			"	"	20/11/97	74,50	"	"	0,64										
	380/640 C	"	"			"	"							OBSTRUÍDO								
	380/640 D	"	"			"	"							OBSTRUÍDO								
98	395/280	Cava da Mina	Araçatuba	7825047	294914	P M	Barreiro							Não Localizado								
99	400/400	Cava da Mina	Araçatuba	7825024	295499	P M	Barreiro							DESTRUIDO								
100	400/445	Cava da Mina	Araçatuba	7825027	295727	P M	Barreiro							DESTRUIDO								
101	400/450	Cava da Mina	Araçatuba	7825024	295756	P M	Barreiro							DESTRUIDO								
102	400/700	Correia Transportadora-CBMM	CBMM	7825006	297000	P M	Barreiro	20/11/97	98,50	7,62	PVC	0,50			1.191,40	70,99	1.060,41					
103	420/270	Cava da Mina	Araçatuba	7824525	295140	P M	Barreiro							DESTRUIDO								
104	420/620 A	Cava da Mina	CBMM	7824915	296822	P M	Barreiro	20/11/97	98,55	6,35	PVC	0,55			1.091,05	75,76	1.015,29					
	420/620 B	"	"			"	"	20/11/97	74,56	"	"	0,56			1.091,06	48,67	1.042,39					
	420/620 C	"	"			"	"	20/11/97	50,56	"	"	0,56			1.091,06	48,21	1.042,85					
105	435/500	Cava da Mina	Araçatuba	7824836	295013	P M	Barreiro							DESTRUIDO								

Observações: Natureza do Ponto: PB = Poço de Bombeamento; PI = Poço de Infiltração; PM = Poço de Monitoramento; NC = Nascente;

Análise físico-química (CPRM 1997)

Observações: Natureza do Ponto: PB = Poço de Bombeamento; PI = Poço de Infiltração; PM = Poço de Monitoramento; NC = Nascente;