

# PROJETO APA SUL RMBH Estudos do Meio Físico



ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL  
SUL DA REGIÃO METROPOLITANA  
DE BELO HORIZONTE

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E  
TRANSFORMAÇÃO MINERAL  
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE  
E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL  
CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS

PROGRAMA GATE  
INFORMAÇÕES PARA A GESTÃO TERRITORIAL

## HIDROGEOLOGIA

Volume 8

PARTE A  
TEXTO

*Décio Antônio Chaves Beato - Geólogo*  
*André Luiz Mussel Monsores - Geólogo, M.Sc.*  
*Antônio Carlos Bertachinni - Geólogo Consultor, M.Sc.*



Secretaria de Geologia,  
Mineração e Transformação Mineral

Ministério de  
Minas e Energia



Belo Horizonte  
2005

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

*Silas Rondeau Cavalcante Silva*  
Ministro de Estado

**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E  
TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

*Cláudio Scliar*  
Secretário

**CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

*Agamenon Sérgio Lucas Dantas*  
Diretor - Presidente

*Manoel Barretto da Rocha Neto*  
Diretor de Geologia e Recursos Minerais

*José Ribeiro Mendes*  
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

*Fernando Pereira de Carvalho*  
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

*Álvaro Rogério Alencar Silva*  
Diretor de Administração e Finanças

*Carlos Schobbenhaus Filho*  
Chefe do Departamento de Geologia

*Inácio de Medeiros Delgado*  
Chefe da Divisão de Geologia Básica

*Cássio Roberto da Silva*  
Chefe do Departamento de Gestão Territorial

*Regina Célia Gimenez Armesto*  
Chefe da Divisão de Gestão Territorial

**SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE**

*Hélio Pereira*  
Superintendente

*Márcio de Oliveira Cândido*  
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

*Fernando Antônio Rodrigues de Oliveira*  
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

*Marcelo de Araújo Vieira*  
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

*Silvia Efigênia Vieira de Melo*  
Gerente de Administração e Finanças

**GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

*Aécio Neves*  
Governador

**SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

José Carlos Carvalho  
Secretário de Estado

Shelley de Souza Carneiro  
Secretário Adjunto

Antônio Eustáquio Oliver  
Chefe de Gabinete

Rubens Varga Filho  
Superintendente de Apoio Técnico

Rogério Noce Rocha  
Superintendente de Política Ambiental

Eduardo Henrique Alves de Paula  
Superintendente de Administração e Finanças

**COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS**

Djalma Bastos de Moraes  
Presidente

José Maria de Macedo  
Diretor de Distribuição

Flávio Decat de Moura  
Diretor de Finanças

Heleni de Mello Fonseca  
Diretor de Gestão Empresarial

Celso Ferreira  
Diretor de Planejamento, Projetos e Construções

Elmar de Oliveira Santana  
Diretor de Geração e Transmissão



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL  
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE  
SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL  
CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS

CONVÊNIO SEMAD - CPRM  
Nº 011/CPRM/01

***PROJETO APA SUL RMBH***  
***Estudos do Meio Físico***  
***Escala 1:50.000***

**Belo Horizonte**  
**2005**

# EQUIPE TÉCNICA

## COORDENAÇÃO E SUPERVISÃO

Maria Antonieta Alcântara Mourão - Geóloga, M.Sc.  
Helio Antonio de Sousa - Geólogo, M.Sc.  
**Coordenadores do Projeto APA Sul RMBH**

Maria Antonieta Alcântara Mourão - Geóloga, M.Sc.  
**Representante da CPRM**

### RELATÓRIOS TEMÁTICOS Responsáveis Técnicos

#### Geologia

Sérgio Lima da Silva - Geólogo  
Eduardo Araújo Monteiro - Geólogo  
Orivaldo Ferreira Baltazar - Geólogo  
Márcia Zucchetti - Geóloga, M.Sc.

#### Mineração

Antônio Carlos Girodo - Eng. de Minas Consultor, Especialista

#### Cobertura e Uso da Terra

Graziela da Silva Rocha Oliveira - Geógrafa Especialista  
Patrícia Düringer Jacques - Geóloga, M.Sc.  
Edgar Shinzato - Eng. Agrônomo, M.Sc.

#### Geotecnia

Jorge Pimentel - Geólogo, M.Sc.  
Cornélio Zampier Teixeira - Eng. Civil Consultor, Dr.  
Fábio Moraes Silva - Geólogo, M.Sc.

#### Pedologia

Edgar Shinzato - Eng. Agrônomo, M.Sc.  
Amaury de Carvalho Filho - Eng. Agrônomo, M.Sc.

#### Geomorfologia

Antônio Ivo de Menezes Medina - Geólogo  
Marcelo Eduardo Dantas - Geógrafo, M.Sc.  
Allaoua Saadi - Geógrafo Consultor, Prof. Dr.

#### Geoquímica Ambiental

Fernanda Gonçalves da Cunha - Geóloga, Dra.  
Gilberto José Machado - Geólogo, M.Sc.

#### Hidrogeologia

Décio Antônio Chaves Beato - Geólogo  
André Luiz Mussel Monsorens - Geólogo, M.Sc.  
Antônio Carlos Bertachinni - Geólogo Consultor, M.Sc.

#### Hidrologia

Elizabeth Guelman Davis - Eng. Civil  
Eber José de Andrade Pinto - Eng. Civil Consultor Interno, M.Sc.  
Magda Cristina Ferreira Pinto - Química, M.Sc.

#### Uso e Disponibilidade de Recursos Hídricos

Elizabeth Guelman Davis - Eng. Civil  
Eber José de Andrade Pinto - Eng. Civil Consultor Interno, M.Sc.  
Décio Antônio Chaves Beato - Geólogo

### APOIO OPERACIONAL

Aginaldo Francisco Teixeira de Freitas - Ass. Tec. Especializado  
Alessandro José da Silva - Ass. Tec. Especializado  
Antônio dos Santos Neto - Auxiliar Tec. Manutenção  
Arlindo Akio Yamato - Geólogo, M.Sc.  
Branca Estrella Cardoso - Estagiária de Geografia  
Deli Moreira Soares - Auxiliar Tec. Manutenção  
Edésio Lucrécio Lucas Diniz - Hidrotécnico  
Eliane Moraes Almeida - Estagiária de Geografia  
Elóisa Helena Munck - Estagiária de Geografia  
Francisco Magela Dias - Auxiliar Tec. Manutenção

René Henrique Cardoso Renault - Biólogo  
**Gerente da APA Sul RMBH**  
**Representante da SEMAD**

### APOIO OPERACIONAL

Giovanni Diniz Moreira - Estagiário de Geografia  
José Ismael Bento - Técnico de Perfuração  
Keli Regina Rodrigues Pedroza - Técnico Administrativo  
Lana de Cássia Andrade - Estagiária de Geografia  
Márcio Alexandre - Técnico de Hidrologia  
Marco Antônio Leitão Pimentel - Técnico Administrativo  
Márcio de Oliveira Cândido - Eng. Civil, M.Sc.  
Márcio Ferreira Augusto - Desenhista  
Maria Lúcia Chagas Ribeiro Vasconcelos - Bibliotecária  
Maurício Alves Ferreira Santos - Estagiário de Geografia  
Maurício Vieira Rios - Técnico em Prospecção  
Maurina Soares Siqueira de Freitas - Técnico de Hidrologia  
Michelle Rodrigues Araújo - Estagiária de Geografia  
Neuro Rodrigues - Técnico de Hidrologia  
Oswaldo Pereira dos Santos - Técnico de Hidrologia  
Paulo César Santarém da Silva - Geólogo, M.Sc.  
Terezinha Inácia Carvalho Pereira - Técnica em Cartografia  
Sarah Costa Cordeiro - Ass. Tec. Especializado  
Valdiva de Oliveira - Ass. Tec. Especializado  
Valter Gonçalves de Araújo - Ass. Tec. Especializado  
Wanda A. X. França - Ass. Tec. Especializado  
Wilson Luís Féboli - Geólogo

### APOIO TÉCNICO

**Contribuição Técnica no Capítulo de Sedimentometria do Tema Hidrologia**  
Alice Silva de Castilho - Eng. Civil, M.Sc.

**Digitalização de Mapas para o Tema Geologia:**  
José Geraldo de Souza - Técnico de Mineração  
Lindouro Araújo Duarte - Técnico de Mineração

**Editoração Cartográfica e Composição de Leiaute Final:**

Elizabeth Almeida Cadete Costa - Tec. em Cartografia  
Rosângela Gonçalves Bastos de Souza - Geógrafa

**Levantamento de Campo e Consistência de Dados Hidrogeológicos:**

Georgete Macedo Dutra - Geóloga  
Júlio de Freitas Fernandes Vasques - Prospector e Hidrotécnico

**Levantamento de Dados Secundários:**

José do Espírito Santo Lima - Geólogo

**Levantamento de Campo para os Temas Hidrogeologia e Hidrologia:**

Antônio Luiz do Nascimento - Hidrotécnico  
Gesler Ferreira - Técnico de Mineração  
Luiz Fernando Zacarias - Técnico de Mineração

**Normalização e Pesquisa Bibliográfica:**

Maria Madalena Costa Ferreira - Bibliotecária

**Organização de Banco de Dados e Levantamento de Campo para o Tema Geotecnia:**

Nelson Baptista de Oliveira Rezende Costa - Geólogo

**Tratamento de Dados Temáticos em GIS:**

Carlos Augusto Silva Leite - Geólogo Supervisor  
Márcio Antônio da Silva - Geólogo Supervisor, M.Sc.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL  
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL  
GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL  
CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS

PROGRAMA GATE  
INFORMAÇÕES PARA A GESTÃO TERRITORIAL

**PROJETO APA SUL RMBH**  
**Estudos do Meio Físico**

Texto Explicativo - Hidrogeologia  
Volume 8

*Décio Antônio Chaves Beato - Geólogo*  
*André Luiz Mussel Monsores - Geólogo, M.Sc.*  
*Antônio Carlos Bertachinni - Geólogo Consultor, M.Sc.*



---

**HIDROGEOLOGIA**  
**Escala 1:50.000**

**Belo Horizonte**  
**2005**

## PROGRAMA GATE - INFORMAÇÕES PARA A GESTÃO TERRITORIAL

### PROJETO APA SUL RMBH - ESTUDOS DO MEIO FÍSICO

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM  
Superintendência Regional de Belo Horizonte

CPRM - Superintendência Regional de Belo Horizonte  
Av. Brasil, 1731 - Bairro Funcionários  
Belo Horizonte - MG - 30140-002  
Fax: (31) 3261 5585  
Tel: (31) 3261 0391  
<http://www.cprm.gov.br>

#### Ficha Catalográfica

##### Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Projeto APA Sul RMBH: hidrogeologia, mapa hidrogeológico, escala 1:50.000 em 3 partes.  
Décio Antônio C. Beato, André Luiz M. Monsores, Antônio Carlos Bertachinni.- Belo Horizonte:  
SEMAD/CPRM, 2005.

101p., v. 8: 1 mapa (Série Programa Informações Básicas para a Gestão Territorial - GATE). Versão digital e convencional.

Conteúdo: Projeto APA Sul RMBH - inclui 10 volumes de textos, mapas, quadros e fotos de campo. Contém partes A, B e C do volume 8.

1 Gestão Territorial Regional de Belo Horizonte. 2 - Meio ambiente. I - Título. II - Beato, D. A. C., III - Monsores, A. L. - IV - Bertachinni, A. C. V - Série.

CDU 577.4

##### **Direitos desta edição: CPRM - Serviço Geológico do Brasil**

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

## **AGRADECIMENTOS**

---

Aos órgãos, instituições e empresas que contribuíram para o desenvolvimento das atividades do Projeto, em especial:

*Água Consultores Associados*

*Anex (Superfilito)*

*Anglogold*

*Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC*

*Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA*

*Companhia Vale do Rio Doce - CVRD*

*Departamento de Estradas de Rodagem - DER*

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA*

*Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM*

*Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais - FIEMG*

*Fundação João Pinheiro - FJP*

*Fundação Biodiversitas*

*Instituto Brasileiro de Mineração - IBRAM*

*Instituto Estadual de Florestas - IEF*

*Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM*

*Minerações Brasileiras Reunidas S.A. - MBR*

*Serviços de Hidrogeologia Ltda. - MDGEO*

*Mineral do Brasil*

*Pedras Congonhas*

*Prefeituras dos Municípios integrantes da APA Sul RMBH*

*Província Brasileira Congregação Missão (Santuário Caraça)*

*Rio Verde Mineração*

*SAMOTRACIA ALPHAVILLE*

*Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Itabirito*

*V & M Mineração Ltda*

## RESUMO

---

A região da APA Sul RMBH apresenta um expressivo potencial hídrico subterrâneo de importância ambiental e histórica para o abastecimento da região metropolitana de Belo Horizonte. A intrincada geologia da área determina características hidrogeológicas bastante particulares e complexas, com aquíferos de potenciais produtivos bastante variados e de distribuição descontínua.

O diagnóstico hidrogeológico da APA Sul RMBH procurou avaliar os diferentes tipos de ocorrência de água subterrânea de acordo com as particularidades geológicas, hidrodinâmicas e hidroquímicas. O arcabouço hidrogeológico da área é bastante complexo, mas apresenta características comuns que proporcionaram a delimitação e caracterização regional de oito unidades distintas entre sistemas aquíferos e aquíferos. As informações básicas para a execução dos trabalhos foram os dados inventariados em campo e em outros estudos, o mapeamento geológico elaborado para este projeto e as coletas de amostras de água para análises hidroquímicas.

Os resultados são apresentados nos relatórios e apêndices, segundo a natureza dos pontos de água inventariados, com um resumo descritivo de todas as informações obtidas em campo e, também, segundo as unidades hidrogeológicas definidas a partir das características geológicas, hidrodinâmicas e hidroquímicas comuns.

As informações estão resumidas em mapas na escala 1:50.000 (hidrogeológicos), ou em escalas menores para temas ou informações adicionais e específicas. Os bancos de dados contendo todas as informações levantadas são disponibilizados em meio digital.

Os resultados indicam que a região vem sofrendo impactos de diversas naturezas com a crescente ocupação. Revelam também que para a avaliação das consequências das atividades de mineração, industriais e de urbanização, e para a gestão dos recursos hídricos, é necessário que se disponha de estudos hidrogeológicos detalhados de cada empreendimento e de uma série histórica representativa com dados de monitoramento de níveis piezométricos, vazões e de qualidade das águas, para que os impactos sejam abrandados, preservando os aspectos hidrodinâmicos essenciais dos aquíferos que têm, e futuramente terão ainda mais, uma importância estratégica para o crescimento sustentável da região.

## LISTA DE FIGURAS

---

FIGURA 1 - Mapa de localização da APA Sul RMBH. ....	4
FIGURA 2 - Mosaico das ortofotocartas. ....	13
FIGURA 3 - Bacias e sub-bacias da APA Sul RMBH. ....	17
FIGURA 4 - Valores normais de temperatura média compensada. ....	18
FIGURA 5 - Precipitações médias mensais. ....	20
FIGURA 6 - Isoietas de Precipitação Média Anual – Ano Hidrológico (mm) ....	20
FIGURA 7 - Precipitações adimensionais (nome das estações na TAB. 2).....	21
FIGURA 8 - Balanço hídrico na estação Ibité. ....	22
FIGURA 9 - Balanço hídrico na estação Belo Horizonte. ....	22
FIGURA 10 - Coluna litoestratigráfica. ....	24
FIGURA 11 - Pontos de água com vazões livres acima de 50 m <sup>3</sup> /h. ....	38
FIGURA 12 - Modelo de nascentes de contato do sistema aquífero Itabirítico. ....	39
FIGURA 13 - Perfis litoestratigráficos dos poços tubulares representativos. ....	45
FIGURA 14 - Seção transversal da Mina do Pico.....	57



## LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADRO 1 - Campos de informação do cadastro de pontos de água. ....	15
QUADRO 2 - Unidades geológicas e hidrogeológicas. ....	25
QUADRO 3 - Classificação dos aquíferos. ....	46
TABELA 1 Participação dos municípios na área total da APA Sul RMBH. ....	5
TABELA 2 - Precipitações mensais (mm).....	19
TABELA 3 - Resumo dos resultados do balanço hídrico.....	21
TABELA 4 - Inventário de pontos de água.....	31
TABELA 5 - Estatística de profundidades, níveis e vazões de poços tubulares. ....	34
TABELA 6 - Estatística das vazões medidas em nascentes. ....	36
TABELA 7 - Principais nascentes e cabeceiras de drenagem. ....	37
TABELA 8 - Valores de transmissividade e coeficientes de armazenamento em minerações no Quadrilátero Ferrífero. ....	55

## LISTA DE FOTOS

FOTO 1 - Medição de parâmetros <i>in loco</i> e de vazão. ....	75
FOTO 2 - Medição de vazão em cabeceira de drenagem. ....	75
FOTO 3 - Medição de parâmetros <i>in loco</i> . ....	76
FOTO 4 - Medição de nível em poço tubular (ponto 737). ....	76
FOTO 5 - Nascente captada para abastecer o condomínio Lagoa do Miguelão, Nova Lima (ponto 300). ....	76
FOTO 6 - Captação no sistema de drenagem do Túnel Taquaril, Nova Lima (ponto 773). ....	77
FOTO 7 - Captação desativada no condomínio Lagoa do Miguelão, Nova Lima (ponto 324). ....	77
FOTO 8 - Escoamento de galeria na região da serra do Curral (ponto 727). ....	78
FOTO 9 - Drenagem ácida na Mina Esperança, Santa Rita, Nova Lima (ponto 819). ....	78
FOTO 10 - Drenagem ácida na Mina do Faria, Honório Bicalho, Nova Lima (ponto 815). ....	79
FOTO 11 - Captação de nascente para venda de água “potável” próximo ao condomínio Lagoa do Miguelão (ponto 338). ....	79
FOTO 12 - Captação Mãe d’Água na região do Retiro do Chalé, Brumadinho (ponto 250). ....	80
FOTO 13 - Vista panorâmica da encosta da serra da Moeda onde se encontra a captação Mãe d’Água. ....	80
FOTO 14 - Instalações do poço P-04 no condomínio Morro do Chapéu (ponto 468). ....	80
FOTO 15 - Instalações da captação de água mineral Pérola do Vale, Usina A, Nova Lima (ponto 681). ....	81
FOTO 16 - Vista parcial das instalações da Mina Córrego do Sítio, margem do rio Conceição, com os poços tubulares indicados. ....	81
FOTO 17 - Poço tubular na Mina Córrego do Sítio, margem do rio Conceição (ponto 1158). ....	81
FOTO 18 - Vista panorâmica da Mina Capanema em Santa Barbara. ....	82
FOTO 19 - Dreno de fundo do aterro de estéril na Mina Capanema (ponto 1.104). ....	82
FOTO 20 - Assoreamento em nascente na Mina do Tamanduá, Nova Lima. ....	82
FOTO 21 - Construção de aterro de estéril na Mina do Tamanduá. ....	83
FOTO 22 - Instalação de manta drenante no aterro de estéril na Mina do Tamanduá. ....	83
FOTO 23 - Mata ciliar da captação Bálamo na serra do Rola Moça, Belo Horizonte (ponto 175). ....	83

---

FOTO 24 - Tratamento de drenagem ácida na Mina Esperança, Santa Rita, Nova Lima (ponto 819). .....	84
FOTO 25 - Tratamento de drenagem ácida na Mina do Faria, Honório Bicalho, Nova Lima (ponto 815). .....	84
FOTO 26 - Área de extração de bauxita com aviso da presença de cavernas. ....	84
FOTO 27 - Antigo aqueduto na região de Catas Altas. ....	85
FOTO 28 - Vista panorâmica da região de Casa Branca, Brumadinho. ....	85
FOTO 29 - Vale do ribeirão Preto na Sinclinal do Gandarela. ....	85
FOTO 30 - Despejo industrial clandestino no bairro Jardim Canadá, Nova Lima. ....	86
FOTO 31 - Lagoa cárstica na região de Barão de Cocais. ....	86
FOTO 32 - Enchimento da cava da Mina de Águas Claras, Nova Lima. ....	86
FOTO 33 - Vista panorâmica da Mina do Pico, Itabirito. ....	87
FOTO 34 - Cabeceira da captação Cercadinho, bairro Belvedere, Belo Horizonte (ponto 381). ....	87
FOTO 35 - Vista panorâmica do vale da Sinclinal da Moeda. ....	88
FOTO 36 - <i>Canyon</i> do rio do Peixe (ponto 995). ....	88
FOTO 37 - Detalhe de um dique básico cortando a Formação Cauê, Mina Pau Branco, Município de Brumadinho. ....	88

## SUMÁRIO

---

Agradecimentos .....	i
Resumo .....	ii
Lista de figuras .....	iii
Lista de quadros e tabelas .....	iv
Lista de fotos .....	v
Sumário .....	vii
1. Introdução.....	1
2. Histórico da criação da APA Sul RMBH.....	2
3. Localização e extensão territorial da APA Sul RMBH .....	4
4. Considerações iniciais.....	6
5. Aplicação e importância do levantamento hidrogeológico para o ZEE da APA Sul RMBH .....	9
6. Estudos anteriores .....	10
7. Materiais e métodos.....	11
7.1 - Bases cartográficas e fotografias aéreas.....	11
7.2 - Inventário de pontos de água.....	11
7.3 - Interpretação de testes de bombeamento.....	14
8. Aspectos hidroclimáticos.....	16
8.1 - Hidrografia .....	16
8.2 - Clima.....	18
9. Aspectos geológicos .....	23
9.1 - Geologia estrutural .....	26
9.1.1. Morfotectônica mesozóica e cenozóica.....	27
10. Pontos de água .....	30
10.1 - Poços tubulares.....	31
10.2 - Piezômetros.....	33
10.3 - Poços escavados .....	35
10.4 - Nascentes e Cabeceiras de drenagem.....	35
10.5 - Galerias .....	40
10.6 - Surgências em cavas .....	41
11. Unidades hidrogeológicas.....	42
11.1 - Sistema Aquífero Granito-Gnáissico.....	44

11.2 - Sistema Aqüífero Xistoso .....	49
11.3 - Sistema Aqüífero Formação Ferrífera .....	50
11.4 - Sistema Aqüífero Quartzítico .....	51
11.5 - Sistema Aqüífero Itabirítico .....	53
11.5.1. Considerações sobre o enriquecimento supergênico da hematita – porosidade granular secundária .....	56
11.6 - Sistema Aqüífero Carbonático .....	58
11.7 - Sistema Aqüífero Quartzito Cercadinho .....	59
11.8 - Sistema Aqüífero Granular .....	61
Depósitos aluviais recentes (Qal) .....	61
Depósitos aluviais antigos (NQal, NQcg) .....	62
Depósitos elúvio-coluviais (Enec, NQbx,) .....	63
Horizontes superficiais de intemperismo .....	64
11.9 Aqüítards .....	64
12. Considerações finais .....	68
13. Recomendações .....	70
14. Referências bibliográficas .....	71
Fotografias .....	75
Glossário .....	89

## PARTE B

### APÊNDICES

APÊNDICE A - Mapa hidrogeológico bloco Brumadinho

APÊNDICE B - Mapa hidrogeológico bloco Rio Acima

APÊNDICE C - Mapa hidrogeológico bloco Acuruí

APÊNDICE D - Resumo do inventário de pontos de água

APÊNDICE E - Planilha de dados hidrogeológicos (1 CD ROM)

APÊNDICE F - Considerações sobre testes de bombeamento nos sistemas aqüíferos itabirítico e carbonático

### ANEXOS

Relatórios técnicos disponibilizados

    Trabalhos anteriores

    Estudos institucionais

    Estudos acadêmicos

## PARTE C

### HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

## 1. INTRODUÇÃO

---

O Zoneamento Ecológico e Econômico da Área de Proteção Ambiental da Região Metropolitana de Belo Horizonte - APA Sul RMBH, instituído pela Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD, do Governo de Minas Gerais, tem por meta constituir-se num instrumento de apoio e orientação à gestão ambiental da APA, criando e desenvolvendo mecanismos legais e técnicos que possibilitem a conservação e proteção do meio ambiente em todo seu território. Objetiva, ainda, tornar-se um instrumento capaz de fornecer orientações programáticas e respectivas normas gerais para disciplinamento e adequação da ocupação e uso do solo e dos recursos naturais, na sua área de abrangência, segundo o modelo de desenvolvimento sustentável.

Os objetivos básicos da APA Sul RMBH estão definidos no Art. 2º da Lei Estadual nº 13.960 de sua criação e correspondem à “proteção e conservação dos sistemas naturais essenciais à biodiversidade, especialmente os recursos hídricos necessários ao abastecimento da população da Região Metropolitana de Belo Horizonte e das áreas adjacentes, com vistas à qualidade de vida da população local, à proteção dos ecossistemas e ao desenvolvimento sustentável”, justificando a realização dos estudos.

As justificativas de ordem institucional estão contidas na mesma Lei em seu artigo 3º item I e artigo 4º, parágrafo 2º, a seguir transcritos:

“Art. 3º – Para implantação da APA Sul RMBH, serão adotadas as seguintes providências:

I – zoneamento ecológico e econômico, com o respectivo sistema de gestão colegiado, ...”

“Art. 4º, parágrafo 2º – o zoneamento ecológico e econômico indicará as atividades a serem encorajadas em cada zona e as que deverão ser limitadas, restringidas ou proibidas, de acordo com a legislação aplicável”.

Os relatórios das atividades relativas ao meio físico ora apresentados pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil, empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia, fazem parte do conjunto de dados e informações que comporão o banco de dados do Zoneamento Ecológico e Econômico da Área de Proteção Ambiental da Região Metropolitana de Belo Horizonte - APA Sul RMBH, sob responsabilidade da Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD, do Governo de Minas Gerais.

## 2. HISTÓRICO DA CRIAÇÃO DA APA SUL RMBH

---

A legislação ambiental brasileira possui dispositivos específicos que disciplinam o sistema de unidades de conservação, estabelecendo categorias de uso direto e indireto, conforme Decreto Federal nº 33.944 de 18 de setembro de 1992. A Lei 9.985 de 18 de julho de 2000, bem mais específica, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC e em seu Art. 14 enquadra as unidades que constituem o Grupo das Unidades de Uso Sustentável, do qual fazem parte as Áreas de Proteção Ambiental – APAs. O Art. 15 dessa mesma lei define APA como sendo *“uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais”*.

Devido aos atributos dos meios físico e biótico, estéticos, culturais e econômicos significativos da região sul de Belo Horizonte, houve necessidade de se criar uma unidade de conservação que pudesse normatizar e disciplinar seu uso e ocupação. Desse modo, criou-se a APA Sul RMBH, cuja motivação deveu-se ao imenso potencial hídrico, à rica biodiversidade, aos aspectos sócio-culturais e econômicos profundamente ligados a uma tradição minerária, responsável pelo surgimento de núcleos populacionais desde o século XVIII, com o advento do ciclo do ouro e, posteriormente, com a mineração de ferro. É uma região que sofre uma forte pressão da expansão urbana de parte da Região Metropolitana de Belo Horizonte, principalmente em direção aos municípios de Nova Lima e Brumadinho, com riscos de comprometimento do equilíbrio natural da região, podendo vir ocasionar conseqüências sérias para o meio ambiente.

Segundo informações da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD, a demanda pela criação de uma APA na região sul de Belo Horizonte surgiu, inicialmente, de uma associação de proprietários de “residências de fins de semana” da localidade de São Sebastião de Águas Claras, também denominada de Macacos. Posteriormente a idéia foi levada ao Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM, ampliando-se o debate em torno da viabilidade de sua criação.

As discussões e avaliações técnicas entre os vários setores atuantes na região, por meio de debates e seminários realizados com o aval do COPAM, redundaram no estabelecimento da APA Sul RMBH, através do Decreto Estadual nº 35.624, de 08 de junho de 1994, posteriormente alterado pelo Decreto Estadual nº 37.812, de 08 de maio de 1996. Em 26 de



julho de 2001, através da Lei Estadual nº 13.960, foi estabelecida a redação definitiva do texto de criação da APA Sul RMBH.

### 3. LOCALIZAÇÃO E EXTENSÃO TERRITORIAL DA APA SUL RMBH

A APA Sul RMBH, com uma extensão de 1625,32 km<sup>2</sup>, localizada ao sul da RMBH, engloba parte dos municípios de Barão de Cocais, Belo Horizonte, Brumadinho, Caeté, Catas Altas, Ibirité, Itabirito, Mário Campos, Nova Lima, Raposos, Santa Bárbara, Sarzedo e todo o município de Rio Acima (FIG. 1), com limites geográficos definidos em memorial descritivo anexo à Lei de criação. Os municípios de Nova Lima, Rio Acima, Itabirito e Santa Bárbara, compõem mais de 85% do território da APA (TAB. 1). A área é servida pelas rodovias federais BR-040 e BR-356 e por rodovias estaduais e municipais, em sua maioria de tráfego permanente.



FIGURA 1 - Mapa de localização da APA Sul RMBH.

TABELA 1  
Participação dos municípios na área total da APA Sul RMBH.

Municípios	Área total do município (km <sup>2</sup> )	Participação na APA (km <sup>2</sup> )	Equivalente em %
Barão de Cocais	342,00	4,39	0,27
Belo Horizonte	335,00	34,37	2,11
Brumadinho	634,00	176,43	10,86
Caeté	528,00	39,55	2,43
Catas Altas	240,30	75,59	4,65
Ibirité	145,00	17,71	1,09
Itabirito	553,00	259,26	15,95
Mário Campos	37,00	11,62	0,71
Nova Lima	410,00	378,16	23,27
Raposos	77,00	39,75	2,45
Rio Acima	228,06	228,06	14,03
Santa Bárbara	859,00	337,82	20,78
Sarzedo	62,17	22,61	1,39
<b>TOTAL</b>		<b>1625,32</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Enciclopédia dos Municípios Mineiros/Vol. 1, 1998; Rio Acima (Instituto de Geociência Aplicada - IGA/MG); Catas Altas (PRODEMGE)

## 4. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

---

O diagnóstico hidrogeológico da APA Sul RMBH foi subdividido em dois temas principais, tratados em partes separadas: Hidrogeologia (Parte A – texto e Parte B – Apêndices e Anexos), Hidroquímica das Águas Subterrâneas (Parte C) e Uso e Disponibilidades dos Recursos Hídricos. A questão do Uso e Disponibilidade dos Recursos Hídricos é abordada de maneira integrada quanto aos recursos hídricos subterrâneos e superficiais no volume 10 da coleção temática do projeto. O presente relatório trata da hidrogeologia quanto às características geológicas, hidrodinâmicas e cadastro dos pontos de água. Os mapas hidrogeológicos constam da Parte B e estão divididos em três blocos (Bloco Brumadinho – APÊNDICE A, Bloco Rio Acima – APÊNDICE B e Bloco Acuruí – APÊNDICE C).

O potencial hídrico subterrâneo da APA Sul RMBH é conhecido desde antes da fundação de Belo Horizonte, pois foi um dos fatores que a qualificaram como futura capital do estado, ainda no final do século XIX. A comissão técnica que avaliou as localidades prováveis para sediar a futura capital do estado, em relatório de 06 de outubro de 1894, cita como captações aproveitáveis para o abastecimento os córregos que drenam os mananciais da Serra do Curral, notadamente os córregos Cercadinho, Acaba Mundo, da Serra e Capão da Posse - atualmente Barreiro (FJP, 1997). As captações escolhidas foram o Cercadinho, situado no atual bairro Buritis, considerado como a “mais importante para o abastecimento da cidade”, e da Serra com uma vazão total de 127 L/s que eram aduzidos por gravidade até os dois reservatórios, inicialmente construídos. A captação do Barreiro, com 162 L/s, foi adquirida pelo estado para a futura expansão da cidade.

Na década de trinta, com aumento da demanda, foram incorporados ao sistema de abastecimento público os mananciais do Sistema Ibirité (Bálsamo, Rola Moça e Taboões), na Serra do Rola Moça, com 330 L/s. Na década de quarenta foram incorporadas as captações Catarina, Fechos e Mutuca. Atualmente estas captações respondem por cerca de 8% do abastecimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH (COPASA, 2001), mas foram fundamentais para o desenvolvimento e consolidação da capital do Estado.

Na APA Sul RMBH são encontradas outras áreas com elevado potencial hídrico subterrâneo, sobretudo onde o substrato é constituído de rochas do Grupo Itabira, que também contêm grandes reservas de minério de ferro.

Apesar da região apresentar importantes e históricas reservas hídricas subterrâneas, somente a partir da década de 1980 foram iniciados estudos hidrogeológicos sistemáticos e localizados com o objetivo de viabilizar e extração do minério de ferro. A legislação

ambiental também contribuiu para que se procurasse compreender a hidrodinâmica no entorno dos empreendimentos. Desta maneira, as informações hidrogeológicas são focadas em áreas restritas, dispersas por toda a região e presentes em diversos relatórios técnicos.

Este estudo hidrogeológico tem como objetivo principal apresentar um diagnóstico do recurso hídrico subterrâneo, em escala regional, que subsidie o zoneamento ambiental da APA Sul RMBH. A importância para o atual abastecimento da população da Região Metropolitana de Belo Horizonte e para a manutenção dos diversos ecossistemas justificam a sua inclusão no zoneamento.

Para a elaboração do diagnóstico hidrogeológico foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

1. Consolidar as informações hidrogeológicas existentes;
2. Caracterizar as principais unidades hidrogeológicas;
3. Avaliar as características construtivas das captações e de qualidade das águas subterrâneas;
4. Elaborar mapas hidrogeológicos em escala 1:50.000;
5. Reunir e consistir os dados hidrogeológicos em um banco de dados em meio digital.

O contexto geológico local é parte do Quadrilátero Ferrífero e de grande complexidade dada pela série de eventos sedimentares, tectônicos, vulcânicos e intrusivos que proporcionaram um intrincado arcabouço geológico, referência clássica da geologia mundial e tema de diversos estudos. Como a hidrogeologia está estreitamente relacionada com o substrato, essas diversas complexidades também estão presentes no contexto hidrogeológico.

A base geológica elaborada para este projeto, resultante da integração de trabalhos na escala 1:25.000, subsidiou a delimitação das principais unidades hidrogeológicas. Para uma escala maior de análise constatou-se a imprecisão de alguns contatos, a ausência de vários corpos intrusivos e a falta de abordagem da tectônica cenozóica. Particularidades importantes, mas previsíveis considerando o peculiar ambiente geológico, a escala de trabalho e a metodologia de mapeamento adotada. Sendo assim, para diagnósticos hidrogeológicos de detalhe é fundamental realizar levantamentos geológicos pormenorizados que assegurem maior acuidade aos resultados e dificultem proposições indevidas.

No desenvolvimento do trabalho identificaram-se conflitos entre usuários de águas, principalmente como consequência das atividades econômicas, mas também da má utilização dos recursos hídricos disponíveis e do desconhecimento da complexidade do contexto geológico. Muitos problemas estão sendo sanados e outros ainda persistem, dentre os mais relevantes pode-se relacionar:

- inadequações na disposição de resíduos sólidos e no lançamento de efluentes alterando a qualidade natural das águas subterrâneas;
- rebaixamento do nível de água nas minerações de ferro que causam impactos como a redução das vazões naturais dos mananciais e rebaixamento dos níveis de água no entorno dos empreendimentos;
- captação das vazões totais dos mananciais, comprometendo o escoamento de base e os ecossistemas ciliares;

Para os diversos problemas ambientais a sociedade tem exigindo cada vez mais respostas claras e objetivas. Entretanto, a hidrogeologia não é uma ciência exata e as respostas são consequência de observações criteriosas e investimentos apropriados.

O instrumento essencial para a gestão dos recursos hídricos e para remediar os impactos é o monitoramento hidrogeológico que vem sendo realizado em algumas áreas, e que deve sempre ser considerado como uma condicionante para a utilização dos recursos hídricos subterrâneos, ou implantação de empreendimentos que possam causar impactos no substrato.

Certamente pesquisadores e administradores, ou até interessados no tema, questionarão a falta de explanação de algum problema hidrogeológico particular, e são vários. Como não é objetivo deste estudo, em escala regional, o tratamento de casos específicos, os principais problemas foram abordados dentro do contexto integrado da APA Sul RMBH, sem destacá-los nem tampouco relevá-los, mas indicando que sejam tratados com os procedimentos técnicos apropriadas.

Espera-se que com este trabalho de caráter descritivo e de consistência de dados, em escala regional, se possa contribuir para o conhecimento hidrogeológico de uma área tão complexa e rica em desafios teóricos e práticos.

## 5. APLICAÇÃO E IMPORTÂNCIA DO LEVANTAMENTO HIDROGEOLÓGICO PARA O ZEE DA APA SUL RMBH

---

As informações hidrogeológicas são essenciais para a gestão dos recursos hídricos da APA Sul RMBH, que deverá conciliar as atividades de exploração do potencial econômico mineral, a pressão de expansão urbana da RMBH e a preservação das reservas hídricas distribuídas irregularmente.

Além disso, há de se considerar que as demandas conservacionistas e o desenvolvimento econômico imediatista carecem, muitas vezes, de subsídios técnicos às argumentações de interesses muitas vezes antagônicos.

O diagnóstico hidrogeológico tem importância para o planejamento de novas ocupações como condomínios, indústrias, minerações, atividades agropecuárias e atividades econômicas que incluam água nos seus processos, além de subsidiar ações para remediar impactos em áreas já degradadas. Indica, também, os locais com destacada importância hídrica que devem ser conservados e/ou melhor aproveitados, e os locais de importância relativa onde as intervenções e ocupações devem se adequar às condições naturais.



## 6. ESTUDOS ANTERIORES

---

Estudos hidrogeológicos sistemáticos na área são relativamente recentes e os primeiros foram elaborados na década de 80, do século passado, com o objetivo de proporcionar o rebaixamento do nível de água para viabilizar a extração do minério de ferro na Mina de Águas Claras, em Nova Lima.

Em anos posteriores as minas Pau Branco, Córrego do Feijão, Jangada, do Pico, Tamanduá e Capitão do Mato, também demandaram estudos desta natureza, visando ampliar as frentes de lavra de minério de ferro. Por outro lado, os órgãos ambientais destacaram a importância de diagnósticos hidrogeológicos nos Estudos de Impactos Ambientais e Relatórios de Impactos ao Meio Ambiente – EIA/RIMA em empreendimentos potencialmente impactantes como: novas frentes de lavra, reabilitação de minas exauridas, loteamentos, instalação de indústrias, aterros sanitários, entre outros.

Os estudos institucionais realizados pelo Centro Tecnológico do Estado de Minas Gerais - CETEC em 1984 e pelo Instituto Mineiro de Gestão de Águas – IGAM em 2001, também avaliaram os recursos hídricos subterrâneos em escalas regionais, mas a partir de dados existentes. O estudo realizado pelo Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM em 2001, como contribuição para o zoneamento da APA Sul RMBH, também tratou do tema a partir de dados secundários. Estudos acadêmicos específicos, até então, são duas dissertações realizadas na Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG.

Os principais estudos de detalhe foram executados por empresas de consultoria que realizaram desde o inventário de pontos de água até modelos matemáticos de rebaixamento do nível de água. Relatórios técnicos de periodicidade anual e até semestral são elaborados conforme as solicitações dos órgãos ambientais contendo as atualizações dos dados de monitoramento e reavaliações dos modelos matemáticos.

A relação dos principais estudos levantados e um resumo do seu conteúdo encontra-se no ANEXO I. Na consulta dos processos de licenciamento protocolados na Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM, para empreendimentos que não sejam de mineração, observou-se que o tema é tratado superficialmente em diversos relatórios técnicos e, portanto, não foram relacionados. Vale ressaltar que só foram considerados os estudos dentro da área do projeto.

## **7. MATERIAIS E MÉTODOS**

---

O levantamento e tratamento dos dados seguiram os padrões dos trabalhos executados pela CPRM que utilizou seu corpo técnico e procedimentos, equipamentos e aplicativos específicos. A seguir, são descritos as fontes e métodos utilizados para o desenvolvimento do trabalho.

### **7.1 Bases Cartográficas e Fotografias Aéreas**

A base planialtimétrica digital foi extraída do Banco de Dados do Sistema Geominas, 1999, da Cia. de Processamento de Dados do Estado de Minas Gerais – PRODEMGE que digitalizou as cartas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, escala 1:50.000. A folhas originais são: Brumadinho, Belo Horizonte, Rio Acima, Caeté, Acuruí, Catas Altas e Itabirito.

As ortofotocartas utilizadas, principalmente, nas atividades de campo, estão na escala 1:10.000 e são originárias da restituição de fotografias aéreas do voo da Empresa Brasileira de Filmagens e Fotos Aéreas Ltda. - EMBRAFOTO para a Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG, de 1987, na escala 1:30.000. A FIG. 2 ilustra a posição e código das ortofotocartas que cobrem os limites da área de trabalho.

### **7.2 Inventário de Pontos de Água**

O inventário objetivou o cadastramento de campo de pontos de água e o levantamento de dados em estudos anteriores. Os pontos foram classificados quanto a natureza de ocorrência em: nascentes, cabeceiras de drenagem, poços tubulares, poços escavados, piezômetros, galerias (galerias de prospecção, de rebaixamento de níveis, túneis e minas desativadas) e surgências em cavas (afloramentos de água em cavas de minas).

O trabalho de campo contou com quatro equipes de técnicos da CPRM e utilizou como procedimento explorar as áreas pouco conhecidas, como de reserva natural ou desabitadas, e visitar todas as propriedades potencialmente usuárias ou impactantes do recurso hídrico subterrâneo como: mineradoras, condomínios, indústrias, empresas de saneamento, postos de combustíveis, aterros sanitários, clubes, sítios e fazendas. A área de trabalho também contemplou o entorno próximo dos limites da APA Sul RMBH.

O cadastramento e amostragens foram realizados entre julho e novembro de 2002, considerado como período seco quando as interferências da chuva nas medições de vazões e parâmetros físico-químicos são minimizadas.

As nascentes foram levantadas por amostragem e selecionadas a partir da análise espacial das cartas planialtimétricas e de procedimentos de campo, sendo que as mais relevantes quanto às vazões e importância para abastecimento foram visitadas. Em locais de difícil acesso (áreas de mata fechada, reservas biológicas sem acesso, encostas íngremes, etc.), foram amostrados e identificados os pontos definidos como cabeceira de drenagem, situados a jusante e o mais próximos das nascentes.

Os poços tubulares e piezômetros em operação foram identificados na maior parte. Os poços são encontrados em condomínios, mineradoras, indústrias e propriedades rurais com escassez de água superficial de qualidade, e os piezômetros são empregados como pontos de observação, principalmente, do rebaixamento do nível de água para avaliar a extensão e conseqüências dessa atividade, poucos são utilizados para o monitoramento de qualidade. Alguns proprietários de poços tubulares privados se negaram a fornecer informações e acesso aos poços, nesses casos o levantamento foi parcial, geralmente com a localização e coordenadas aproximadas. Em algumas minerações o avanço da lavra destruiu diversos poços e piezômetros, e quando existiam as coordenadas foram mantidos no banco de dados em razão dos dados geológico-construtivos, vazões e níveis históricos.

Os piezômetros nas áreas das minas da MBR, empresa que apresenta o maior número deles, foram visitados por amostragem. Dos 95 pontos ativos foram visitados 39, aleatoriamente, e considerou-se que os dados de localização e medições de níveis do restante eram fidedignos.

Durante o cadastramento em campo foram levantados os dados de: natureza do ponto; localização por logradouro; coordenadas pela projeção Universal Transversa de Mercator – UTM (*datum* SAD 69), utilizando-se o *Global Positioning System - GPS* modelo Garmin 12; profundidade da captação ou poço de observação; profundidade dos níveis (através de medidores de nível elétrico, FOTO 4); tipo de revestimento (aço, PVC ou PVC Geomecânico); vazões de teste e de uso; estado do ponto (produtivo, desativado, danificado, inativo, ativo, aterrado, não captado, não instalado e não visitado); uso das águas (mineração, industrial, pecuária, irrigação, piscicultura, doméstico, abastecimento público, desaguamento de mina e postos de combustível); fontes potenciais de contaminação (urbanização, saneamento precário, trânsito de veículos, pecuária, agricultura, aterros sanitário e não controlado, curso d'água contaminado, etc.); condições físicas das captações; além das medições de temperatura, pH e condutividade elétrica, utilizando-se de equipamentos portáteis de precisão WTW Multiline P3 pH/LF-Set (FOTO 1).

As vazões das nascentes e cabeceiras de drenagem que não eram monitoradas por vertedouros ou calha Parshal, foram medidas pelo método volumétrico com a construção de pequenos barramentos (FOTOS 1 e 2), e em alguns casos utilizou-se micromolinetete. Quando não foi possível realizar medições, as vazões foram estimadas.

Os dados dos poços tubulares e piezômetros levantados em campo foram consistidos com informações dos relatórios de perfuração obtidos junto aos proprietários, grande parte dos dados dos perfis geológico-construtivos está incompleta ou inexistem. Vale ressaltar que muitos poços de observação não dispõem dos perfis geológico-construtivos comprometendo as avaliações das medições, principalmente, em razão da complexa geologia da área.

O resumo dos principais dados dos pontos de água está no APÊNDICE D, com o identificador do ponto (numerado de W para E, e de N para S), a natureza, as coordenadas UTM, a altitude, alguns dados construtivos de poços tubulares (data, profundidade, posição do revestimento, NE, ND e vazão de teste), as medições *in loco* (data, vazão, NE, condutividade elétrica, temperatura, pH), as unidades hidrogeológicas correspondentes, data do cadastramento e disponibilidade, ou não, de dados de monitoramento, de análises físico-químicas e de perfis litológico-construtivos. Os dados com datas de cadastramento anteriores a 2002 são dados obtidos de terceiros.

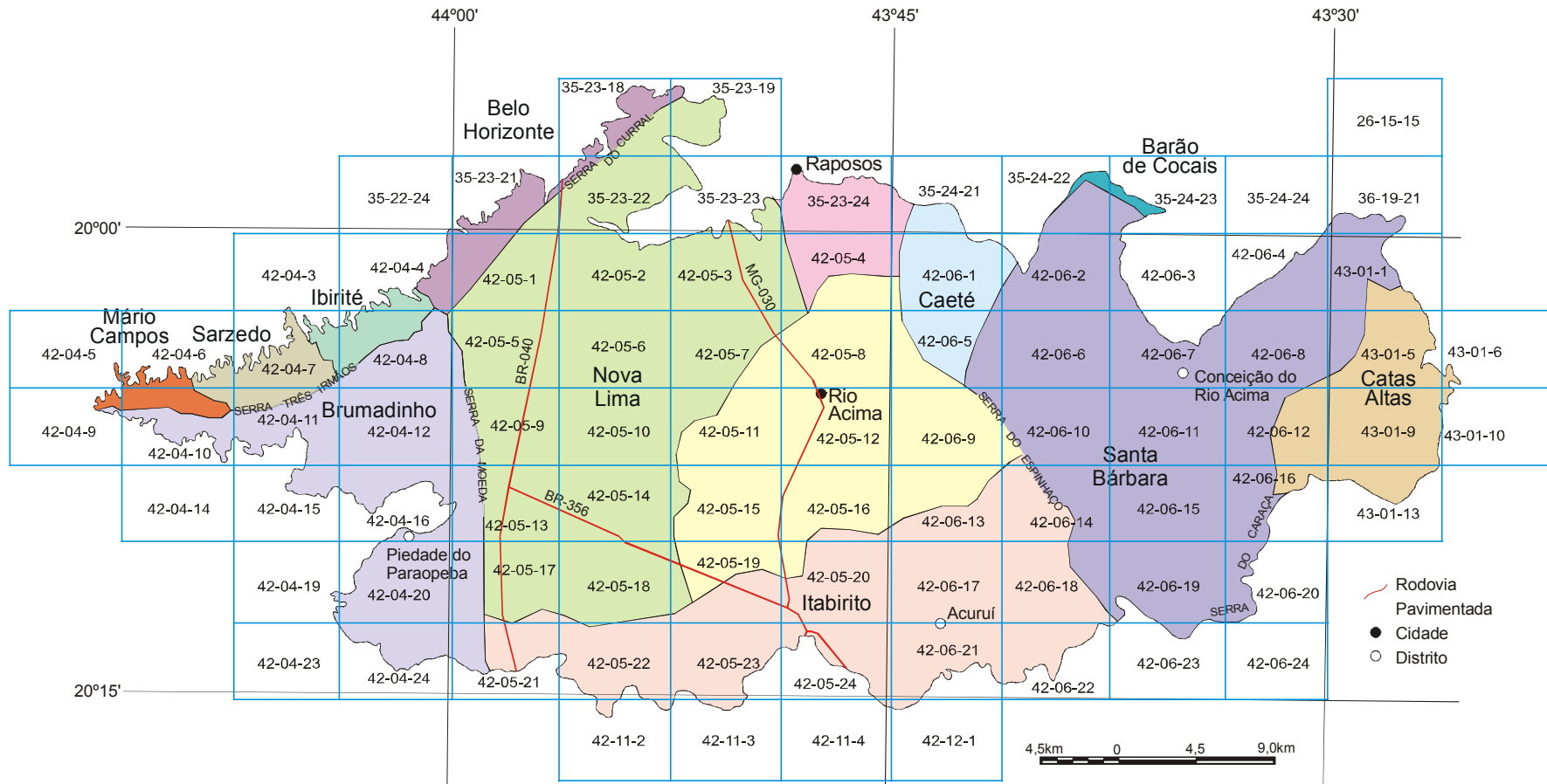


FIGURA 2 - Mosaico das ortofotocartas.

O banco de dados na versão completa apresentado, em mídia CD no APÊNDICE E, contém 122 campos de informação e cerca de 260.000 células consistidas sobre: Localização, Dados de Perfuração, Características Geológicas, Características do Aquífero, Dados Hidrodinâmicos, Parâmetros de Campo, Parâmetros Físico-Químicos *in loco*, Características Físicas da Captação, Risco de Contaminação, Dados de Monitoramento Disponíveis e Observações Técnicas. O QUADRO 1 relaciona os campos de informação do banco de dados completo.

No preenchimento e representação cartográfica dos dados foi necessário a adequação de algumas inconsistências, principalmente:

1. Para as informações que tinham somente o ano como referência foi arbitrada a data de 31/12/ano, onde é válido somente o ano;
2. As altitudes foram obtidas dos proprietários (mineradoras) e quando não existiam, foram obtidas do modelo digital do terreno - MDT a partir das curvas de nível com espaçamento de 20 m da base planialtimétrica do GEOMINAS;
3. As coordenadas obtidas em campo, em alguns casos, foram um pouco ajustadas para a representação no mapa final em razão das imprecisões da base cartográfica e do GPS (p.ex. uma cabeceira deslocada da drenagem, um poço em estrada ou lagoa, etc.);
4. As descrições litológicas de perfis de poços que apresentavam termos redundantes ou imprecisos foram reescritas mantendo o teor original.

### 7.3 Interpretação de Testes de Bombeamento

As informações coletadas dos poços tubulares permitiram que fossem selecionados cerca de 110 pontos, tendo como critério a existência de dados de vazão e rebaixamento. A partir destas informações foi obtida a capacidade específica, que a princípio seria utilizada para estimar a transmissividade, segundo a equação de Galofré (1966, *apud* CUSTÓDIO E LLAMAS, 1983). Entretanto, os dados de transmissividade obtidos por este método, quando correlacionados com os calculados a partir de testes de bombeamento, para os mesmos poços, apresentaram grandes inconsistências. Assim, destes pontos foram utilizadas apenas as informações de capacidade específica.

Servindo-se dos dados secundários, foram analisados 39 testes de bombeamento, com rebaixamentos observados no próprio poço, sem monitoramento de piezômetros. Destes, 33 foram executados em uma única etapa de bombeamento, com a vazão, em alguns casos constante, em outros variando. Nos testes constam medições de rebaixamento ao longo do tempo, seguida da etapa de recuperação. Os seis testes restantes são do tipo escalonado, com quatro ou três etapas consecutivas de bombeamento, também seguidas do monitoramento da recuperação.

Para o cálculo das transmissividades foram utilizadas apenas as etapas de recuperação, conforme a simplificação de Jacob para o método de Theis, considerando a equação onde  $T$  é a transmissividade,  $Q$  é a vazão,  $\Delta S$  é a variação do rebaixamento e  $t_2 / t_1$  são os tempos de bombeamento referentes a variação  $\Delta S$ , na forma a seguir:

$$T = (0,183 Q / \Delta S) \times \log t_2 / t_1 \quad (\text{Equação 1})$$

Considerando o ciclo logarítmico  $t_2 / t_1$  sempre igual a 10, conseqüentemente, o  $\log t_2 / t_1$  é igual a 1, assim a equação passa a ser:

$$T = (0,183 Q / \Delta S) \quad (\text{Equação 2})$$

A utilização da recuperação em vez do rebaixamento apresenta como vantagem o fato do aquífero ceder água a uma razão constante, o que nem sempre pode ser garantido no rebaixamento, pois o controle da vazão constante, em campo, é bem mais difícil.

QUADRO 1 - Campos de informação do cadastro de pontos de água.

<b>LOCALIZAÇÃO</b>	Número do ponto		
	Sequência		
	Número do ponto em mapa		
	ID campo		
	ID local ou de cadastros existentes		
	Natureza do ponto		
	Município		
	Local / Endereço		
	Informante		
	Código da base cartográfica		
	Nome da folha		
	Coordenadas	Latitude	
	Mapa 1:50000	Longitude	
	Coordenadas	Latitude	
	(UTM)	Longitude	
	Fuso		
	Altitude MDT (m.N.M.)		
	Altitude (m.N.M.)		
	Bacia hidrográfica		
	Curso d'Água / Sub-bacia		
<b>DADOS DE PERFURAÇÃO</b>	Empresa		
	Data		
	Método		
	Profundidade (m)		
	Ø da boca (mm)		
	Revestimento	Ø mm	
		Intervalo (m)	De Até
		Tipo	
	Filtro	Ø mm	
		Intervalo (m)	De Até
		Ranhura (mm)	
		Tipo	
	Pré-Filtro	Intervalo (m)	De Até
		Tipo	
	Cimentação	Intervalo (m)	De Até
<b>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS</b>	Unidade geológica mapeada	Sigla	
		Nome	
		Litologia	
	Descrição litológica	Intervalo (m)	De Até
<b>CARACTERÍSTICAS DOS AQUÍFEROS</b>	Sistema Aquífero		
	Unidade Hidrogeológica ( 1 )		
	Intervalo (m)	De Até	
	Tipo de aquífero		
	Porosidade		
	Entradas d'água (m)		
	Unidade Hidrogeológica ( 2 )		
	Intervalo (m)	De Até	
	Tipo de aquífero		
	Porosidade		
Entradas d'água (m)			
<b>DADOS HIDRODINÂMICOS</b>	Data do teste		
	Tipo de teste		
	Unidade de bombeamento		
	Potência / Capacidade (CV/PCM)		
	Duração (h)		
	Nível estático (m)		
	Nível dinâmico (m)		
	Vazão de teste (m³/h)		
	Vazão específica (m³/h/m)		
	<b>PARÂMETROS DE CAMPO</b>	Data	
		Boca do poço (m)	
		Nível estático (m)	
Cota altimétrica NE (m)			
Cota altimétrica NE_MDT (m.N.M.)			
Tempo de recuperação (h)			
Vazão medida (m³/h)			
Vazão estimada (m³/h)			
Vazão específica (m³/h/km²)			
<b>PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS in loco</b>	Data		
	Temperatura (°C)		
	Condutividade elétrica (µS/cm-25°C)		
	pH		
	Eh		
	Odor		
Condições e local de coleta			
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA CAPTAÇÃO</b>	Estado do ponto de água		
	Uso da água		
	Unidade de bombeamento		
	Potência / Capacidade (CV/PCM)		
	Fonte de energia		
	Tempo de bombeamento (horas/dia)		
	Volume consumido estimado (m³/mês)		
	Reservatório (s)	Tipo	
		Capacidade (m³)	
	Condições físicas do poço	Laje de proteção (Sim/Não)	
		Tampa	
		Revestimento	
Condições físicas das instalações	Adução		
	Abrigo		
	Equipamento de bombeamento		
Reservação			
<b>RISCO DE CONTAMINAÇÃO</b>	Grau de risco (muito alto/ alto/ médio/ baixo)		
	Fonte potencial		
	Distância da fonte (m)		
<b>DADOS DISPONÍVEIS</b>	Monitoramento	Tipo	
		Período	
	Análise físico-química	Comp/Incomp	
		Data	
		Laboratório	
	Teste de bombeamento	% Erro	
Ano			
Empresa			
Cadastrado por			
Profissão			
Data do levantamento			
Observações			

## 8. ASPECTOS HIDROCLIMÁTICOS

Os aspectos hidroclimatológicos considerados neste item são informações resumidas do estudo elaborado por *Davis et al. (2005)* para este projeto e apresentado no volume 9 - Hidrologia.

### 8.1 Hidrografia

Segundo *Davis et al. (2005)*, a APA Sul RMBH está inserida nas bacias federais dos rios São Francisco e Doce. A bacia do rio São Francisco é representada, na área, pelas bacias estaduais do rio das Velhas e do rio Paraopeba, e a bacia do rio Doce pela bacia estadual do rio Piracicaba.

Os divisores hidrográficos mais importantes são a Serra da Moeda e a Serra do Espinhaço. A primeira divide as bacias do Alto Rio das Velhas e do Médio Paraopeba, e a segunda, as bacias do Alto Rio das Velhas e do Alto Piracicaba.

O trecho do Alto Rio das Velhas ocupa 60% da APA Sul RMBH e corresponde a uma área de 982 km<sup>2</sup>. Drena os municípios de Belo Horizonte, Itabirito, Nova Lima, Rio Acima e Raposos.

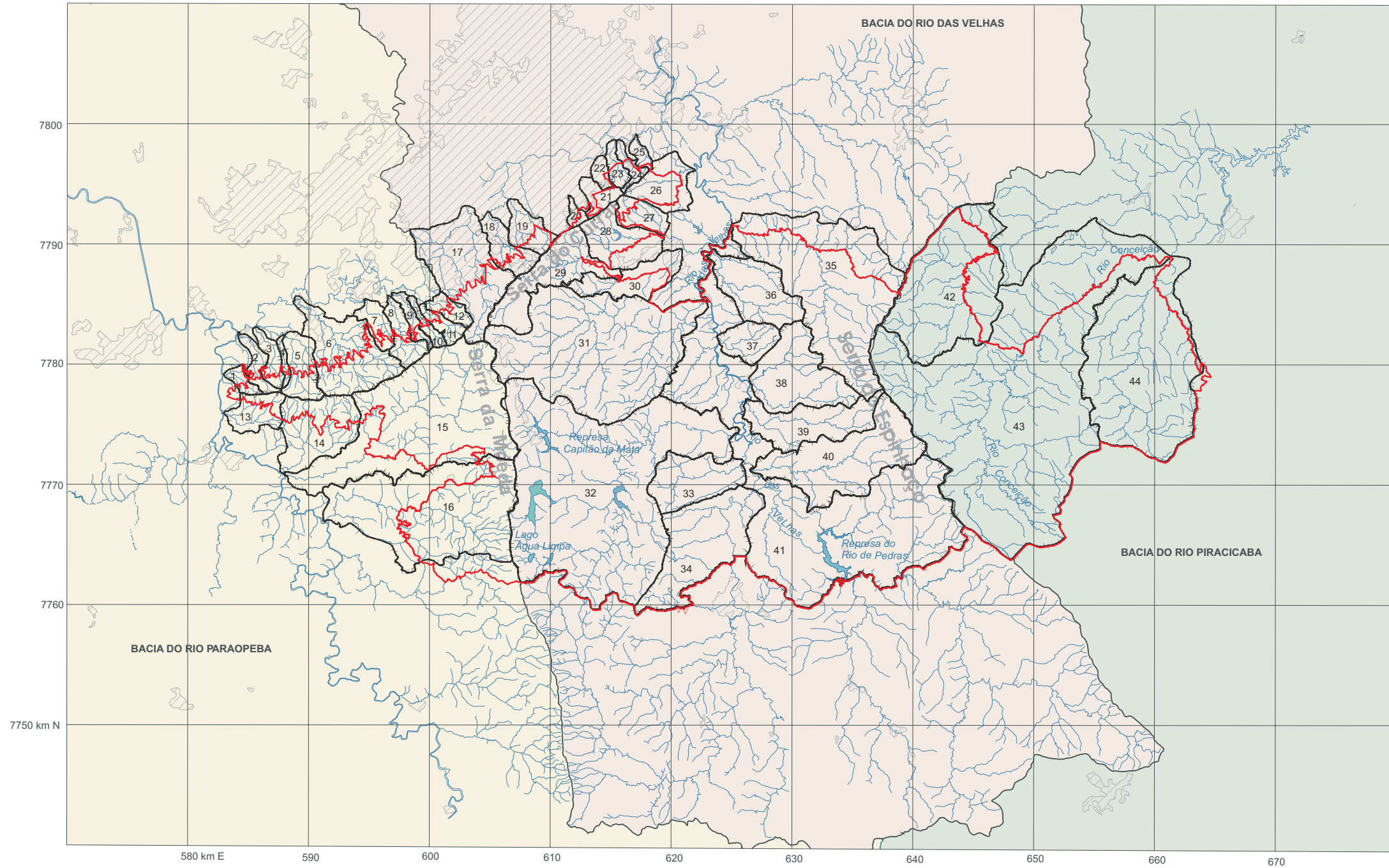
O trecho do Médio Paraopeba ocupa 14% da APA Sul RMBH, em uma área de 230 km<sup>2</sup>. Drena os municípios de Brumadinho, Mário Campos, Sarzedo e Ibité.

O trecho do Alto Piracicaba ocupa 26% da APA Sul RMBH, equivalente a 418 km<sup>2</sup>. Drena os municípios de Catas Altas, Santa Bárbara, Caeté e Barão de Cocais.

No estudo hidrológico a drenagem superficial foi dividida em 44 sub-bacias. A divisão também foi considerada para o estudo de Uso e Disponibilidades Hídricas (volume 10). A rede de drenagem, as bacias hidrográficas dos rios das Velhas, Paraopeba e Piracicaba e as sub-bacias estão representadas na FIG. 3.

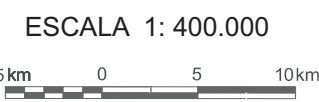
Os principais afluentes da margem direita do rio Paraopeba nascem na Serra da Moeda e pertencem às sub-bacias dos ribeirões Piedade e Casa Branca. Ainda dentro desta bacia, na Serra Três Irmãos, estão as nascentes do ribeirão Ferro-Carvão, do córrego do Barro e os afluentes do ribeirão Sarzedo que são os córregos Fecho do Funil, Capão Grande, Campo Belo, das Pedras, Corredor, Capão da Serra, Sumidouro, Taboão, Urubu, Fubá, Rola Moça e Barreirinha.





**SUB-BACIAS**

- |   |  |  |
|---|--|--|
| 1 - Córrego Fecho do Funil                                | 16 - Ribeirão Piedade  | 31 - Ribeirão Macacos  |
| 2 - Córrego Capão Grande                                  | 17 - Córrego Barreiro  | 32 - Rio do Peixe  |
| 3 - Córrego Campo Belo                                    | 18 - Córrego Bom Sucesso   | 33 - Córrego Fazenda Velha   |
| 4 - Córrego das Pedras                                    | 19 - Córrego Cercadinho  | 34 - Rio Itabirito (até o limite da APA)   |
| 5 - Córrego Corredor                                      | 20 - Córrego do Acaba Mundo                                      | 35 - Ribeirão da Prata   |
| 6 - Córrego Capão da Serra                                | 21 - Córrego da Serra  | 36 - Ribeirão Cambimba   |
| 7 - Córrego Sumidouro                                     | 22 - Córrego São Lucas   | 37 - Córrego do Vilela   |
| 8 - Córrego Taboão  | 23 - Córrego Baleia  | 38 - Córrego Mingu   |
| 9 - Córrego Urubu   | 24 - Córrego Taquaril  | 39 - Córrego Cortesia  |
| 10 - Córrego Fubá   | 25 - Córrego da Olaria   | 40 - Córrego Manso   |
| 11 - Córrego Rola Moça                                    | 26 - Córrego da Fazenda  | 41 - Trecho do Rio das velhas (entre os limites da APA excluindo a bacia do rio Itabirito) |
| 12 - Córrego Barreirinho (até a foz do Córrego Rola Moça) | 27 - Córrego Jambreiro   | 42 - Rio Barão de Cocais   |
| 13 - Córrego do Barro                                     | 28 - Córrego Carrapato   | 43 - Rio Conceição   |
| 14 - Ribeirão Ferro-Carvão                                | 29 - Córrego da Mutuca   | 44 - Ribeirão Caraça   |
| 15 - Ribeirão Casa Branca                                 | 30 - Ribeirão dos Cristais (jusante da foz do Córrego da Mutuca) |  |



**PROJETO APA SUL RMBH  
ESTUDOS DO MEIO FÍSICO  
Hidrogeologia**

**FIGURA 3 - Bacias e sub-bacias.**  
(Fonte: Davis et al., 2005)

A bacia do rio das Velhas é a mais importante rede fluvial da APA Sul RMBH. As principais sub-bacias afluentes pela margem direita nascem na Serra do Espinhaço e são os córregos Manso, Cortesia e Prata. Ainda pela margem direita, estão as sub-bacias dos córregos Vilela e Mingu e do ribeirão Cambimba. As principais sub-bacias afluentes pela margem esquerda nascem na Serra da Moeda e são o ribeirão Macacos e rio do Peixe. Na Serra do Curral estão as nascentes das sub-bacias afluentes pela margem esquerda e os afluentes do ribeirão Arrudas, este também afluente da margem esquerda. Os afluentes cujas nascentes estão na Serra do Curral, são as sub-bacias dos córregos da Fazenda, Jambreiro, Carrapato e Mutuca (afluente da sub-bacia do ribeirão dos Cristais). Dentre os afluentes do ribeirão Arrudas estão as nascentes dos córregos Barreiro, Bom Sucesso, Cercadinho, Acaba Mundo, da Serra, São Lucas, Baleia, Taquaril e da Olaria.

No trecho do Alto Piracicaba, encontram-se as sub-bacias dos ribeirão Caraça, rio Conceição e parte do rio Barão de Cocais. Suas nascentes estão localizadas na Serra do Espinhaço e do Caraça. O encontro dessas sub-bacias, fora do limite da APA, forma o rio Santa Bárbara, um afluente da margem esquerda do rio Piracicaba.

## 8.2 Clima

Os principais fatores que interferem localmente no clima são o relevo, o tipo de solo, a cobertura vegetal, a existência de corpos d'água e a influência antrópica que altera o uso e a ocupação do solo (DAVIS *et al.*, 2005). Na APA Sul RMBH o relevo se apresenta como o fator mais influente, pois as serras dos Três Irmãos, do Curral, do Espinhaço e do Caraça geram diferenças nas precipitações e temperaturas em função da altitude.

Para a caracterização da temperatura foram considerados os dados das estações climatológicas de Belo Horizonte e Ibirité. Todavia, as informações das duas estações não permitem uma caracterização dos microclimas da área em estudo devido a forte heterogeneidade do relevo na região. Na FIG. 4 nota-se que a temperatura média mensal varia de 16,5 °C a 23,2 °C. O mês de fevereiro é o que apresenta a maior temperatura média mensal, 22,9 °C em Ibirité e 23,2 °C em Belo Horizonte. No outono-inverno a média varia entre 16,5 °C e 18,1 °C. A amplitude térmica média anual é de 5,1 °C em Belo Horizonte e 6,4 °C em Ibirité.

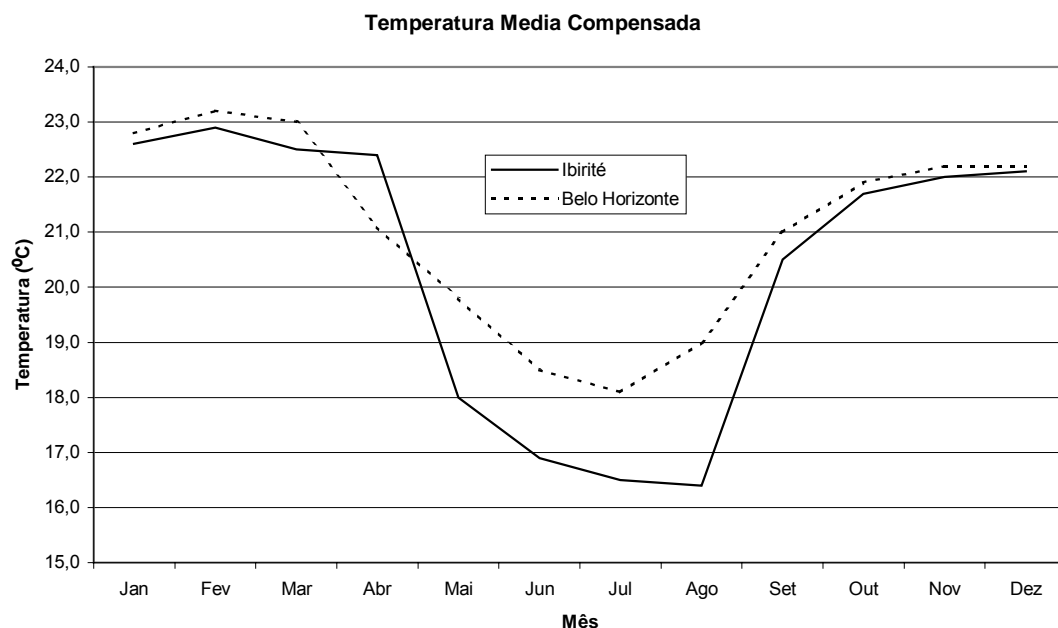


FIGURA 4 - Valores normais de temperatura média compensada.

Fonte: Davis *et al.* (*op. cit.*).

As precipitações médias mensais estão representadas na TAB. 2 e na FIG. 5. O trimestre mais chuvoso corresponde aos meses de novembro a janeiro com 55% a 59% da precipitação média anual; e o trimestre mais seco aos meses de junho a agosto com aproximadamente 2% a 3%.

TABELA 2 - Precipitações mensais (mm)

Estação		Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Período
Mina do Pico	Media	112,1	256,8	325,5	343,5	167,4	181,7	58,6	37,3	8,2	5,6	17,3	64,5	out/90 a ago/02
	Max.	236,2	449,2	505,1	756,6	347,4	324,7	164,6	89,2	52,2	14,4	61,6	119,4	
	Min.	45	110,5	146,6	110,8	16,2	50	1	0	0	0	0	0	
	CV(%)	51,6	38,2	32,6	56,2	61,8	42,6	79,8	70,9	178,9	112,3	115,1	52,9	
01943000 Min. Morro Velho	Media	129,9	237,9	340,1	287,3	189,0	165,4	66,2	30,7	13,1	12,2	12,8	42,9	out/41 a dez/01
	Max.	415,3	555,2	748,2	881,4	581,3	348,3	228,8	117,8	89,5	97,3	89,6	138	
	Min.	0,3	75,7	104,8	31,1	27,3	13,8	0	0	0	0	0	0	
	CV(%)	34,1	43,2	36,0	53,3	45,3	56,1	81,6	79,9	95,7	36,9	108,8	72,4	
01943022 Caixa de Areia	Media	123,5	263,1	390,5	337,9	209,8	193,9	76,0	31,1	13,8	12,6	12,0	47,4	dez/40 a dez/02
	Max.	282	625,2	659,3	910,5	696	440,6	298	101	115,6	81,5	69,8	180,8	
	Min.	0,2	24,4	95	27	6,1	2	0	0	0	0	0	0	
	CV(%)	50,5	41,8	33,2	64,6	40,4	47,5	72,0	82,1	79,0	32,5	147,6	56,2	
02043002 Lagoa Grande	Media	127,0	229,7	327,3	309,9	197,5	182,5	68,7	31,9	15,1	12,7	13,8	46,3	out/42 a dez/01
	Max.	323	435,5	737,4	709,9	475,1	403,5	188,9	112,7	89	77,5	115,8	167,1	
	Min.	11,5	77,5	94,1	28,8	19,7	26,6	0,5	0	0	0	0	0	
	CV(%)	34,5	30,0	38,0	54,8	36,9	50,7	58,5	63,9	86,2	32,6	134,8	79,3	
02043004 Rio do Peixe	Media	132,1	232,0	339,4	306,6	200,1	186,9	71,5	29,5	12,7	11,1	13,5	48,4	out/41 a dez/01
	Max.	362,6	471,9	650,7	735,2	626,4	405,9	178,2	122,6	78,1	66,4	86,3	209,5	
	Min.	2,6	60,8	116,9	29,5	21,3	28,3	0,5	0	0	0	0	0	
	CV(%)	34,8	42,2	41,2	63,1	44,5	48,6	66,4	77,0	90,9	50,0	125,9	71,4	
02043042 Represa das Codornas	Media	116,3	245,5	334,4	342,0	179,8	187,7	72,8	38,3	12,9	13,6	19,4	60,6	out/76 a dez/01
	Max.	218,4	452,8	661	675,9	466,3	351,5	180,9	100,2	70,8	58,9	86,6	150,9	
	Min.	8,7	137,3	131,1	92,3	17,4	27,5	5,2	1,4	0	0	0	0,3	
	CV(%)	48,2	35,3	44,9	54,2	54,1	42,8	61,5	54,6	69,6	31,1	83,6	69,4	
02043043 Represa do Miguelão	Media	110,0	241,9	335,4	357,2	196,0	192,1	82,7	46,6	17,1	13,8	21,1	62,2	out/76 a dez/01
	Max.	228,9	411	538,4	669,8	567,3	366,3	215,6	109,2	78,3	65,2	78,2	142,7	
	Min.	20,2	84	151,1	110,6	50	47,4	3,3	4,6	0	0	0	4,5	
	CV(%)	41,4	38,1	35,4	57,4	36,0	47,3	57,4	46,1	77,8	43,0	63,6	60,2	
02043059 Colégio Caraça	Media	135,8	305,5	491,7	367,8	243,7	220,7	87,0	47,1	12,1	11,0	24,7	67,8	out/83 a dez/01
	Max.	314,8	537	939,7	980	484	459,9	187,5	130,2	82	48	108,4	143,3	
	Min.	1	111,5	187,9	59	57	76	14,6	0	0	0	0	0	
	CV(%)	40,2	31,7	31,3	74,2	46,9	43,6	54,8	87,3	56,2	66,6	99,4	62,0	
02044012 Ibirité	Media	133,1	255,6	370,8	353,7	217,6	198,9	69,8	36,1	18,6	12,4	13,3	50,0	out/45 a dez/01
	Max.	311,2	554,5	679,7	827,3	504,1	550,9	190,8	134,4	91,9	78,7	69,3	194	
	Min.	12	74	101,6	59,4	45,9	45,6	0	0	0	0	0	0	
	CV(%)	51,2	43,5	35,3	55,2	41,8	57,6	53,0	75,9	62,1	22,2	141,7	71,8	

Fonte: Davis *et al.* (*op. cit.*).

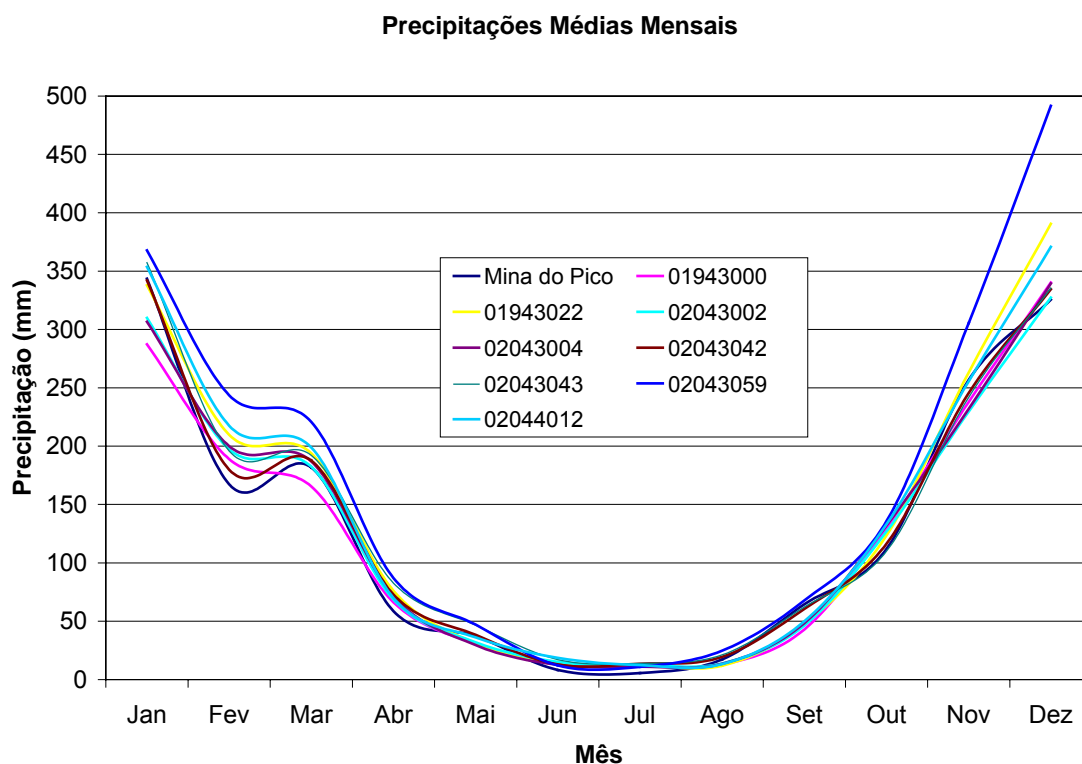


FIGURA 5 - Precipitações médias mensais.

As isoietas de precipitação média anual estão representadas na FIG. 6, considerando-se o ano hidrológico (outubro a setembro) do período de outubro de 1970 a setembro de 2000. Verifica-se que os valores máximos de precipitação anual estão distribuídos na parte noroeste da área em estudo e na serra do Caraça, refletindo a influência da topografia nos totais anuais de precipitação.

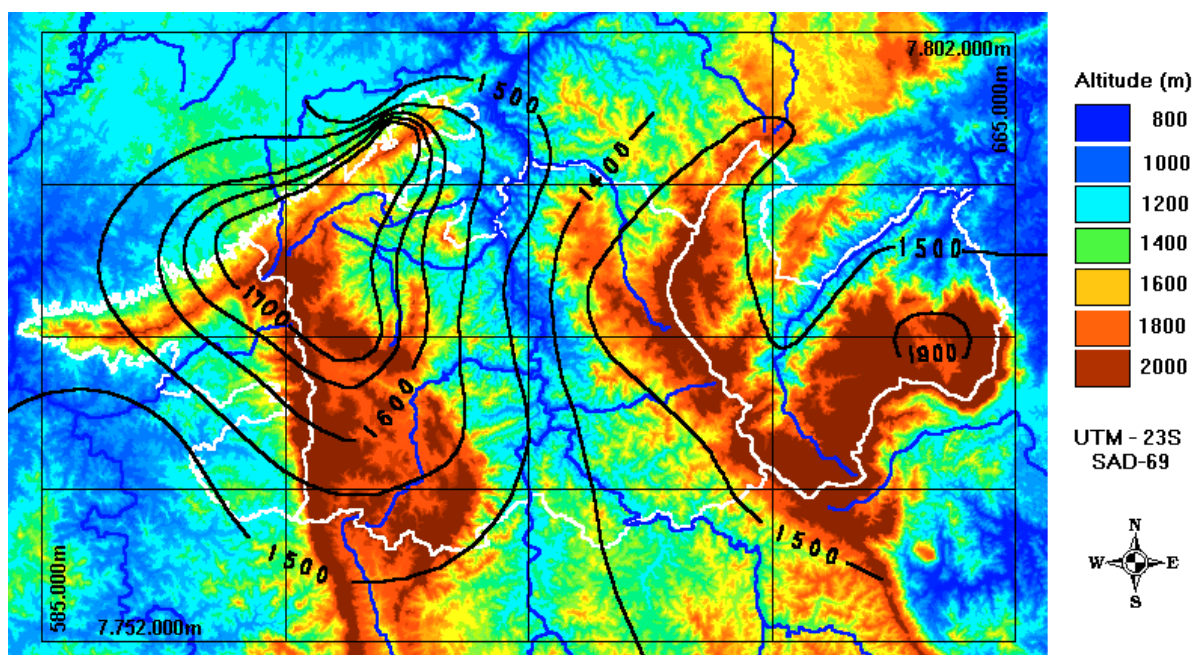
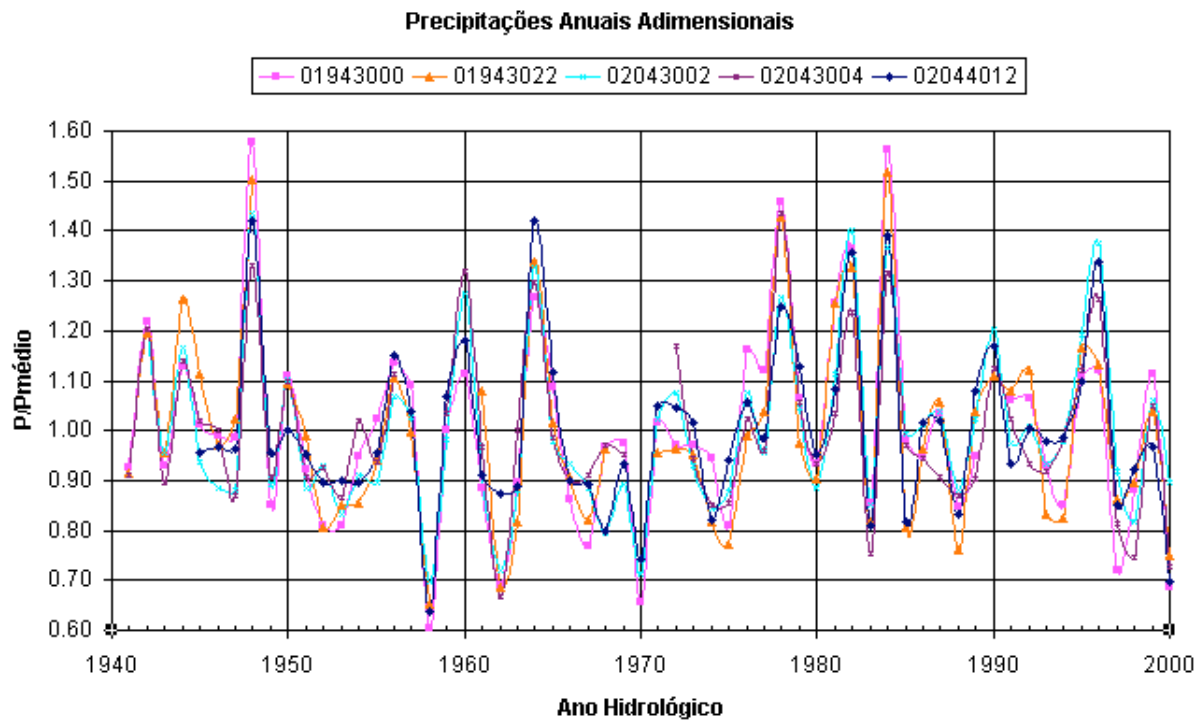


FIGURA 6 - Isoietas de Precipitação Média Anual – Ano Hidrológico (mm)

Outra informação pertinente do estudo de Davis *et al.* (*op. cit.*) são as variações temporais das precipitações anuais adimensionais das estações que possuem as séries mais longas. Os valores foram obtidos da relação entre o total do ano hidrológico e a média da série. Observa-se na FIG. 7 que os anos hidrológicos mais secos registrados foram os de 1958/1959, 1962/1963, 1970/1971, e 2000/2001 e os mais úmidos foram os anos hidrológicos de 1948/1949, 1978/1979 e 1984/1985. Também se observa que a maior seqüência de precipitações abaixo da média durou cinco anos e ocorreu entre os anos hidrológicos de 1966/1967 a 1970/1971. Ainda foram calculadas as médias móveis de 5 anos das séries e verificou-se que o período de maior média se refere aos anos hidrológicos de 1978/1979 a 1982/1983.



Fonte: Davis *et al.* (*op. cit.*).

FIGURA 7 - Precipitações adimensionais (nome das estações na TAB. 2).

Na estimativa do balanço hídrico normal, realizado pelo método de Thornthwaite-Matter (1995<sup>1</sup>, *apud* Davis *et al.*, 2005), foram utilizados os dados das normais climatológicas de Ibirité e Belo Horizonte. A TAB. 3 apresenta um resumo do balanço hídrico das duas estações e as FIG. 8 e 9 correspondem à representação gráfica dos balanços.

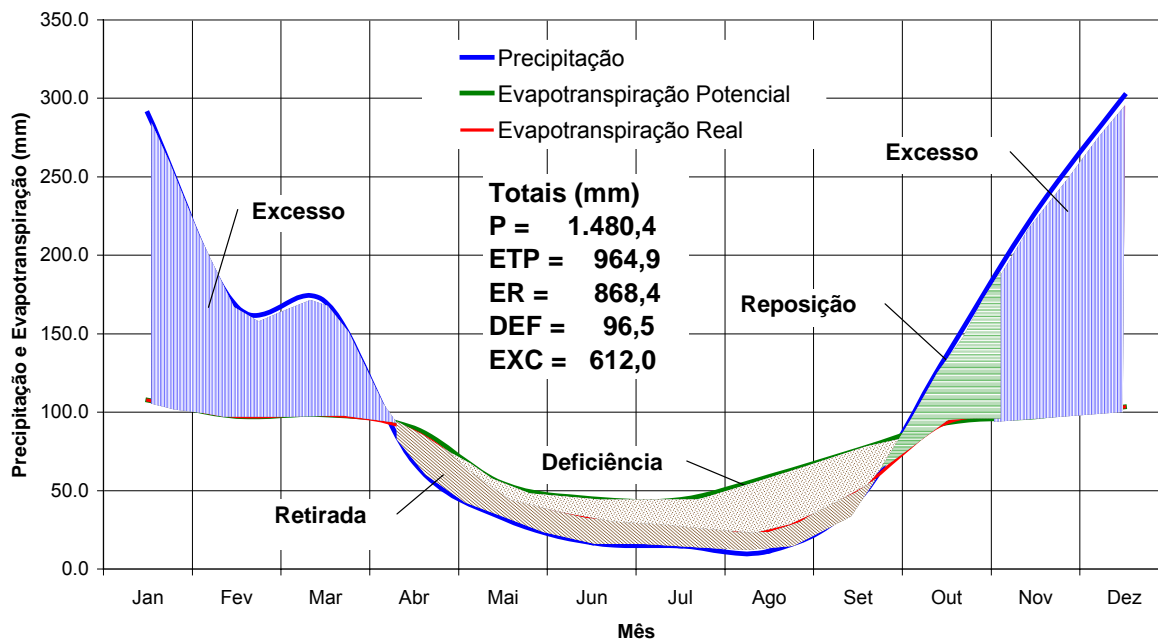
TABELA 3 - Resumo dos resultados do balanço hídrico

	<b>BH</b>	<b>Ibirité</b>
Precipitação (mm)	1491,3	1480,4
Evapotranspiração Potencial (mm)	992,6	964,9
Evapotranspiração Real (mm)	865,6	868,4
Deficiência Hídrica (mm)	127,0	96,5
Excedente Hídrico (mm)	625,7	612,0

<sup>1</sup> THORNTHWAITE, C. W.; MATTER, J. R. The water balance. Centerton, N. J.: Laboratory of Climatology. 1955.



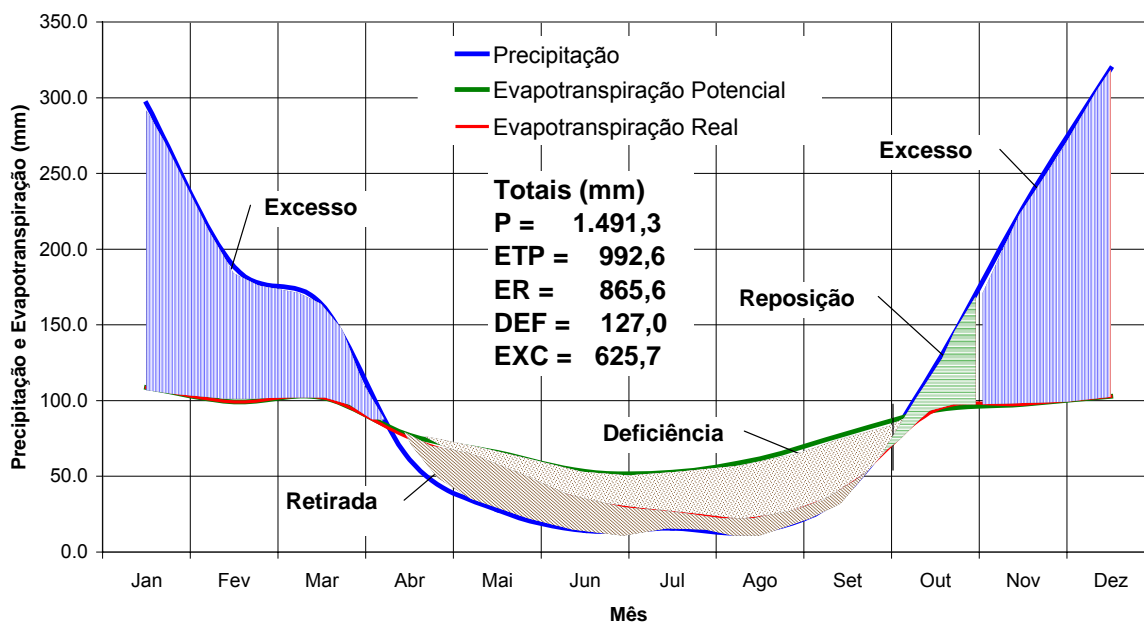
### Balanço Hídrico de Ibirité (CA = 100mm)



Fonte: Davis *et al.* (op. cit.).

FIGURA 8 - Balanço hídrico na estação Ibirité.

### Balanço Hídrico de Belo Horizonte (CA = 100mm)



Fonte: Davis *et al.* (op. cit.).

FIGURA 9 - Balanço hídrico na estação Belo Horizonte.

## 9. ASPECTOS GEOLÓGICOS

---

A APA Sul RMBH encontra-se na região do Quadrilátero Ferrífero, posicionado na borda sul do Cráton do São Francisco. Predominam três grandes conjuntos de rochas: complexos metamórficos de rochas cristalinas, seqüências do tipo *greenstone belt* (Supergrupo Rio das Velhas) e seqüências metassedimentares geradas a partir de ambientes plataformais (Supergrupo Minas).

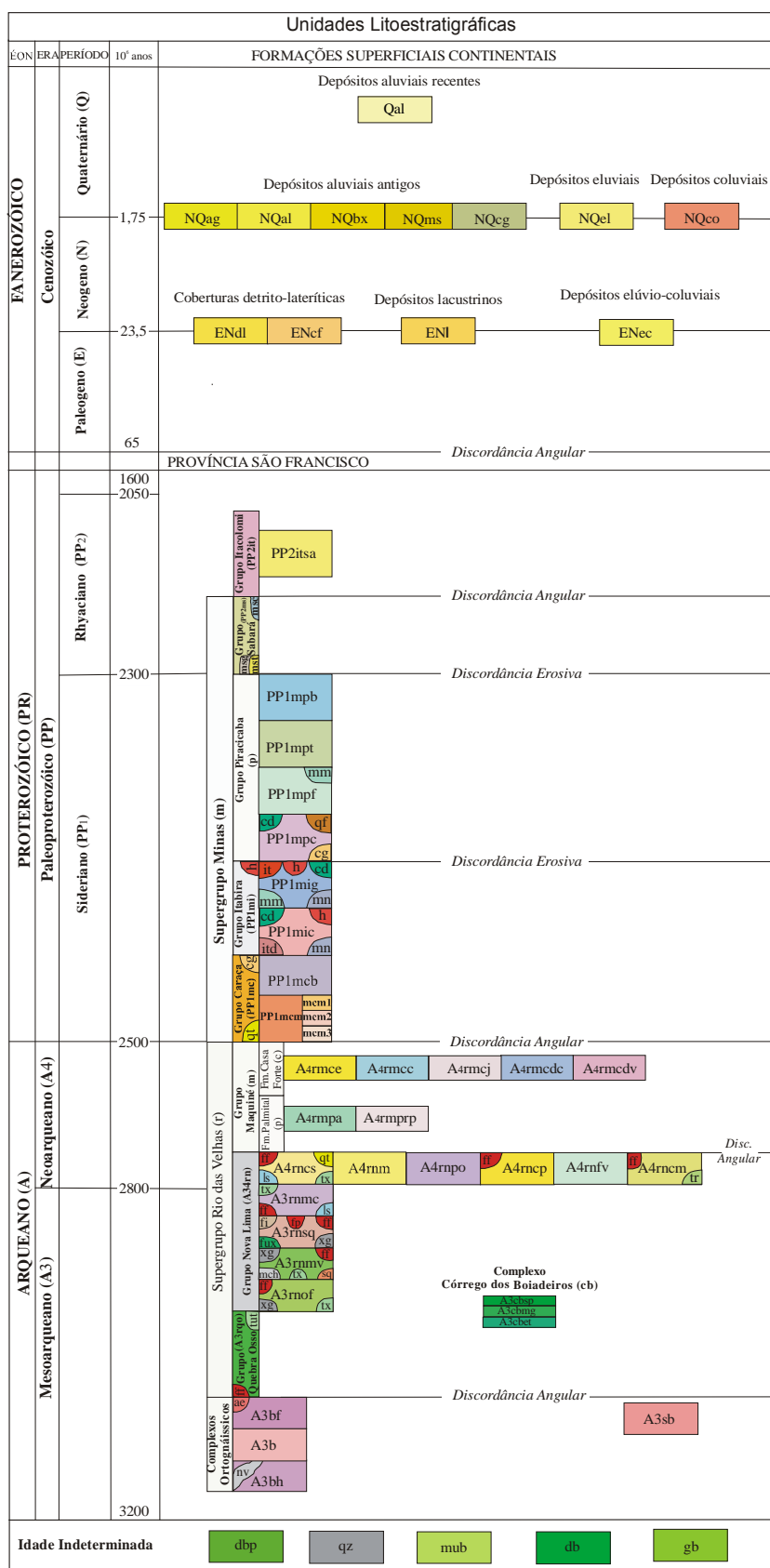
O Quadrilátero é um marco geológico, considerado como uma das áreas clássicas da geologia mundial, objeto de inúmeros estudos e apresenta, além da complexidade geológica, um grande potencial mineral de interesse econômico, principalmente ferro, manganês e ouro. Esta denominação deriva da configuração planimétrica da distribuição das formações ferríferas hospedeiras das jazidas de ferro mais importantes do centro de Minas Gerais e de um conjunto de características fisiográficas, geológicas e geo-econômicas que o destacam das áreas vizinhas (BARBOSA, 1968).

Segundo Silva *et al.* (2005), ocorrem quatro unidades litoestratigráficas principais: Complexos Ortognáissicos (Belo Horizonte, Bação, Bonfim e Santa Bárbara) e Supergrupo Rio das Velhas (Grupos Quebra Osso, Nova Lima, Maquiné e Complexo Córrego dos Boiadeiros), de idade Arqueana, e o Supergrupo Minas (Grupos Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará) e Grupo Itacolomi, do Paleoproterozóico. Depósitos lacustrinos Terciários, coberturas detrito-lateríticas e depósitos aluviais de idade Fanerozóica recobrem parcialmente as unidades principais.

A síntese da coluna litoestratigráfica encontra-se na FIG. 10 e no QUADRO 2 apresenta-se um resumo descritivo dos 83 litótipos presentes nas 56 unidades geológicas mapeadas.

A morfologia do terreno é admirável pelo relevo montanhoso e escarpado, controlado pelo substrato litoestrutural. Apresenta feições dos tipos: “meia laranja” em rochas do Complexo Ortognáissico, situados nos baixos topográficos; “hogbacks” presentes nas rochas metassedimentares pelas diferenças de resistências entre as camadas paralelas de mergulhos moderados a fortes; e platôs e chapadões de canga formados sobre as formações ferríferas e áreas adjacentes.

Nos *hogbacks* as cristas são formadas pelos quartzitos e itabiritos mais resistentes à erosão que quando recobertos por cangas formam escarpas íngremes. Os vales estão entalhados em filitos, dolomitos, xistos gnaisses e quartzitos impuros. Nas formações carbonáticas as feições cársticas são raras.



Fonte: Silva et al., 2005

FIGURA 10 - Coluna litoestratigráfica.



QUADRO 2: Unidades geológicas e hidrogeológicas.

ERA	UNIDADE GEOLÓGICA	SIGLA	LITOLOGIA	ESPESS. MAX. (m)	UNIDADE HIDROGEOLOGICA
CENOZOICO	Depósitos aluviais recentes	Qal	Areia, argila e cascalho		SISTEMA AQUIFERO GRANULAR
	Depósitos aluviais antigos	NQal	Argila e grãos de quartzo, hematita e limonita		SISTEMA AQUIFERO GRANULAR
	Depósitos aluviais antigos	NQag	Argila		AQUITARDO (*)
	Depósitos aluviais antigos	NQbx	Bauxita		SISTEMA AQUIFERO GRANULAR
	Depósitos aluviais antigos	NQms	Mudstone		AQUITARDO (*)
	Depósitos aluviais antigos	NQcg	Cascalhos		SISTEMA AQUIFERO GRANULAR
	Depósitos aluviais	NQel	Fragmentos de itabirito misturados com solo ferruginoso		SISTEMA AQUIFERO GRANULAR
	Depósitos coluviais	NQco	Matacoes, calhaus e seixos de hematita em solo aluvial		SISTEMA AQUIFERO GRANULAR
	Depósitos lacustrinos	ENl	Argilito, arenito e linlito		AQUITARDO (*)
	Coberturas detrito-lateríticas	ENdl	Solo laterítico, material areno-argiloso, concreções ferruginosas e fragm. de quartzo		SISTEMA AQUIFERO GRANULAR
	Coberturas detrito-lateríticas	ENcf	Oxidos de ferro supergênicos e fraturas e falhas com concreções ferruginosas		SISTEMA AQUIFERO GRANULAR
	PALEOPROTEROZOICO	Depósitos elúvio-colúvies	ENec	Caraga	
Grupo Itacolomi		PP2l	Filito e conglomerado	>1.000	SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO
Grupo Itacolomi/Formação Santo Antônio		PP2lisa	Filito, quartzito, conglomerado e dolomito		SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO
Supergrupo Minas/Grupo Sabará		PP2ms msc msg msl	Filito e xisto metavulcânicos, metagrauvaca e quartzito Xisto clorítico Quartzito, filito e grauvaca granitizados Xisto estaurítico	>3.000	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO
Supergrupo Minas/Grupo Piracicaba/Formação Barreiro		PP1mpb	Filito e filito grafítico	150	AQUITARDO (*)
Supergrupo Minas/Grupo Piracicaba/Formação Taboões		PP1mpt	Quartzito	125	SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO
Supergrupo Minas/Grupo Piracicaba/Formação Fecho do Funil		PP1mpf	Filito, dolomito, quartzito e formação ferrífera	410	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO
Supergrupo Minas/Grupo Piracicaba/Formação Cercadinho		PP1mpc	Quartzito, filito, filito grafítico, xisto e talco xisto	600	S. AQUIFERO QUARTZITO CERCADINHO SISTEMA AQUIFERO CARBONÁTICO SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO S. AQUIFERO FORMAÇÃO FERRIFERA SISTEMA AQUIFERO CARBONÁTICO SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO
		cd	Dolomito e calcário dolomítico		
		cg	Conglomerado		
		ff	Formação ferrífera		
		mn	Zonas manganíferas		
		qt	Quartzito ferruginoso		
		PP1mil	Itabirito Hematita compacta e friável de alto teor		
		PP1mig	Dolomito, calcário, itabirito e filito		
		cd	Dolomito e calcário dolomítico		
		ff	Formação ferrífera		
Supergrupo Minas/Grupo Itabira/Formação Gandarela		h	Hematita compacta e friável de alto teor	600	SISTEMA AQUIFERO ITABIRITICO SISTEMA AQUIFERO ITABIRITICO SISTEMA AQUIFERO XISTOSO SISTEMA AQUIFERO CARBONÁTICO SISTEMA AQUIFERO CARBONÁTICO
		it	Itabirito dolomítico		
		ls	"Lapa seca"		
		mm	Mármore		
Supergrupo Minas/Grupo Itabira/Formação Cauê		PP1mic	Itabirito, filito e dolomito	650	SISTEMA AQUIFERO ITABIRITICO SISTEMA AQUIFERO CARBONÁTICO SISTEMA AQUIFERO ITABIRITICO SISTEMA AQUIFERO ITABIRITICO SISTEMA AQUIFERO XISTOSO SISTEMA AQUIFERO CARBONÁTICO
		h	Dolomito e calcário dolomítico		
Supergrupo Minas/Grupo Caraça/Indiviso		td	Hematita compacta e friável de alto teor	1000	SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO
		it	Itabirito ocreado e rocha dolomítica meteorizada		
		mn	Zonas manganíferas		
		PP1mc	Quartzito, filito xistoso e conglomerado		
	cg	Conglomerado			
	qt	Quartzito			
	PP1mcb	Filito			
	PP1mcm	Quartzito, grt, metaconglomerado e filito			
	PP1mcm1	Quartzito e metaconglomerado			
	PP1mcm2	Filito			
NEOARQUEANO	Supergrupo Minas/Grupo Caraça/Formação Batatal	PP1mcb	Filito	250	AQUITARDO (*)
	Supergrupo Minas/Grupo Caraça/Formação Moeda	PP1mcm	Quartzito, grt, metaconglomerado e filito	1000	SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO
	Supergrupo Minas/Grupo Caraça/Formação Moeda	PP1mcm1	Quartzito e metaconglomerado		
	Supergrupo Minas/Grupo Caraça/Formação Moeda	PP1mcm2	Filito		
	Supergrupo Minas/Grupo Caraça/Formação Moeda	PP1mcm3	Quartzito		SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO
	SG Rio das Velhas/G. Maquiné/Formação Casa Forte/Unidade Cór. do Engenho	A4rmce	Quartzito fino e filito	> 1.800	SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO
	SG Rio das Velhas/Grupo Maquiné/Formação Casa Forte/Unidade Capanema	A4rmcc	Xisto fino e quartzito sericitico fino		SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO
	SG Rio das Velhas/Grupo Maquiné/Formação Casa Forte/Unidade Jaguará	A4rmcj	Quartzito, micaxisto, xisto microconglomerático e metaconglomerado polimictico		SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO
	SG Rio das Velhas/Grupo Maquiné/Formação Casa Forte/Unidade Chica Dona-Fácies Cór. da Cidreira	A4rmcdc	Metaconglomerado e quartzito fino		SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO
	SG Rio das Velhas/Grupo Maquiné/Formação Casa Forte/Unidade Chica Dona-Fácies Cór. do Viana	A4rmcdv	Quartzito, xisto e metaconglomerado polimictico		SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO
	SG Rio das Velhas/Grupo Maquiné/Formação Palmital/Unidade Andaimas	A4rmpa	Quartzito, quartzito microconglomerático e metaconglomerado polimictico		SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO
	SG Rio das Velhas/Grupo Maquiné/Formação Palmital/Unidade Rio de Pedras	A4rmprr	Xisto, quartzito micáceo e xisto grafítico		SISTEMA AQUIFERO XISTOSO
	SG Rio das Velhas/Grupo Nova Lima	A34rn	Xisto metassedimentar, xisto metavulcânico e filito		SISTEMA AQUIFERO XISTOSO
	SG Rio das Velhas/Grupo Nova Lima/Unidade Córrego do Sítio	A4rmcs	Xisto		SISTEMA AQUIFERO XISTOSO
		ff	Formação ferrífera bandada		S. AQUIFERO FORMAÇÃO FERRIFERA
		ls	"Lapa seca"		SISTEMA AQUIFERO XISTOSO
		qt	Quartzito		SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO
tx		Talco xisto	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
A4rmr		Micaxisto e xisto	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
A4rmpo		Micaxisto e xisto	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
A4rmcp		Xisto e micaxisto	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
ff		Formação ferrífera	S. AQUIFERO FORMAÇÃO FERRIFERA		
A4rmfv		Xisto e micaxisto	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
SG Rio das Velhas/Grupo Nova Lima/Unidade Catarina Mendes	A4rmcm	Xisto e rocha calcissilicática	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
	fr	Formação ferrífera bandada	S. AQUIFERO FORMAÇÃO FERRIFERA		
	tr	Tremolítico	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
	A3rmc	Xisto	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
	ff	Formação ferrífera bandada	S. AQUIFERO FORMAÇÃO FERRIFERA		
	ls	"Lapa seca"	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
	tx	Talco xisto	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
	A3rmsq	Xisto	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
	ff	Formação ferrífera bandada	S. AQUIFERO FORMAÇÃO FERRIFERA		
	fi	Filito	AQUITARDO (*)		
MESOARQUEANO	SG Rio das Velhas/Grupo Nova Lima/Unidade Mestre Caetano	A3rmsq	Formação ferrífera bandada	> 4.000	S. AQUIFERO FORMAÇÃO FERRIFERA
	ls	"Lapa seca"	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
	tx	Talco xisto	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
	A3rmsq	Xisto	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
	ff	Formação ferrífera bandada	S. AQUIFERO FORMAÇÃO FERRIFERA		
	fi	Filito	AQUITARDO (*)		
	fp	Formação ferrífera e metapelitos	S. AQUIFERO FORMAÇÃO FERRIFERA		
	fux	Fucita xisto	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
	xg	Xisto grafítico	AQUITARDO (*)		
	A3rmv	Xistos metavulcânicos, metavulcanoclásticos e metassedimentares	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
SG Rio das Velhas/Grupo Nova Lima/Unidade Morro Vermelho	ff	Formação ferrífera bandada	S. AQUIFERO FORMAÇÃO FERRIFERA		
	mch	Metachert	SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO		
	sq	Sericita-quartzito xisto	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
	xg	Talco xisto	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
	A3rmf	Xisto grafítico	AQUITARDO (*)		
	ff	Xistos metavulcânicos. Localmente metabasalto e serpentinito.	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
	tx	Formação ferrífera bandada	S. AQUIFERO FORMAÇÃO FERRIFERA		
	tx	Talco xisto	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
	xg	Xisto grafítico	AQUITARDO (*)		
	A3cbcp	Serpentinito	S. AQUIFERO GRANITO-GNAISSICO		
SG Rio das Velhas/Grupo Nova Lima/Complexo Cór. dos Boladeiros	A3cbmg	Metagabro	S. AQUIFERO GRANITO-GNAISSICO		
	A3cbet	Esteatito	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
	A3rqo	Talco xisto, serpentinito, dunito, peridotito e lavas komatiíticas	> 600	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO	
	ff	Formação ferrífera	S. AQUIFERO FORMAÇÃO FERRIFERA		
	tut	Turmalinito	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
	A3sb	Gnaisses, migmatitos e granitos metassomáticos	S. AQUIFERO GRANITO-GNAISSICO		
	A3bf	Rocha granítica gnaissificada	S. AQUIFERO GRANITO-GNAISSICO		
	ae	Migmatitos	S. AQUIFERO GRANITO-GNAISSICO		
	A3bh	Granito e gnaisses granítico	S. AQUIFERO GRANITO-GNAISSICO		
	nv	Novaculito	S. AQUIFERO GRANITO-GNAISSICO		
INDETERMINADA	A3b	Migmatitos e gnaisses	S. AQUIFERO GRANITO-GNAISSICO		
	db	Gabro e diabásio	AQUITARDO (*)		
	dbp	Gabro e diabásio porfíricos	AQUITARDO (*)		
	mub	Serpentinito, serpentinito talcificado, clorita-talco xisto anfíbolítico clorita-talco xisto	SISTEMA AQUIFERO XISTOSO		
qz	Quartzito	SISTEMA AQUIFERO QUARTZÍTICO			

(\*) Localmente aquíclides.

As altitudes variam entre 800 e 1.000 metros nos baixos topográficos do embasamento, e entre 1.200 e 1.500 metros nos metassedimentos, atingindo 2.000 metros nos quartzitos da serra do Caraça, situada no extremo leste (MEDINA *et al.*, 2005).

## 9.1 Geologia Estrutural

Três eventos de deformação, divididos em cinco episódios, são defendidos para a evolução tectônica do Quadrilátero Ferrífero (ZUCCHETTI e BALTAZAR, 2005; ALKMIM e MARSHAK, 1998): Evento Rio das Velhas (deformações  $D_1$  e  $D_2$ ); Evento Transamazônico (deformações  $D_3$  e  $D_4$ ) e Evento Brasileiro (deformação  $D_5$ ).

O evento Rio das Velhas afetou as rochas do Supergrupo Rio das Velhas (Grupo Nova Lima e Formação Palmital do Grupo Maquiné) e do embasamento granito-gnáissico. Os principais registros da primeira fase de deformação correspondem à falha contracional dúctil de direção E-W (falha Bem-Te-Vi), a sinclinal invertida com flancos de mergulho para norte e eixo de direção ENE-WSW (Sinclinal Andaime) e à foliação  $S_1$ , enquanto que as estruturas da deformação  $D_2$ , são representadas por falhamentos compressoriais dúcteis de orientação  $N40^\circ - 60^\circ W$  e mergulho para NE e foliação  $S_2$  (BALTAZAR e ZUCCHETTI, *op. cit.*). Vale mencionar que na deformação  $D_2$  foram geradas zonas de alteração hidrotermal às quais se associam as mineralizações auríferas. Os autores admitem, portanto, uma deformação de natureza essencialmente cisalhante e dúctil para esse evento cujas estruturas geradas mostram baixo potencial para circulação da água subterrânea tendo em vista a formação de faixas miloníticas ao longo dos falhamentos e o desenvolvimento das estruturas penetrativas ( $S_1$  e  $S_2$ ) caracteristicamente de aberturas muito reduzidas. Esse fato é corroborado pela ausência de nascentes e poços tubulares expressivos ao longo das falhas mencionadas.

O evento Transamazônico iniciou-se por um episódio de deformação contracional dúctil, com transporte tectônico de SE para NW (deformação  $D_3$ ), envolvendo rochas dos Supergrupos Minas e Rio das Velhas e do embasamento, seguido por um episódio extensional (deformação  $D_4$ ).

A deformação  $D_3$  encontra-se melhor representada ao longo da Serra do Curral em que se destacam falhas de empurrão, com direções NE-SW e vergências para NW (ALKMIM e MARSHAK, 1998) e falhas normais de direção norte-sul que seccionam transversalmente essa Serra, mais freqüentes em seu setor sudoeste, e que exibem, por vezes, diques máficos encaixados. Também atribuída a essa fase encontra-se a grande dobra anticlinal assimétrica que marca a junção da Homoclinal da Serra do Curral com a Sinclinal da Moeda (ALKMIM *et al.*, 1996). Registros de influência tectônica nos aquíferos da região são percebidos na Mina da Jangada em que estrutura braqui-sinforme que conforma os horizontes itabiríticos e o minério é rompida por cisalhamentos de alto ângulo (MDGEO, 2002) e na Mina Córrego do Feijão em que se admite que falhas transversais à estrutura monoclinial podem promover a interconexão hidráulica da Formação Cauê com a Formação Gandarela e quartzitos da Formação Moeda (ÁGUA, 2002). Na Mina de Águas Claras são reportados falhamentos de alto ângulo com rejeitos horizontais associados a zonas de brechação (MDGEO, 1999a).

A deformação extensional  $D_4$  ocasionou o soergimento de blocos do embasamento granito-gnáissico e a conseqüente formação da Homoclinal da Serra do Curral e das Sinclinais Moeda, Dom Bosco, Santa Rita e, provavelmente Gandarela (MARSHAK *et al.*, 1992) sendo que o contato dos domos com as supracrustais é marcado por zonas de cisalhamento normais (BALTAZAR E ZUCCHETTI, 2005) que podem apresentar condições, ainda que limitadas, para percolação de água subterrânea.

O evento Brasileiro é o que se apresenta de forma mais destacada quanto aos registros tectônicos gerados tendo parcialmente truncado, obliterado ou sobreposto as estruturas mais antigas. As feições mais marcantes correspondem a falhamentos de empurrão e foliação  $S_5$  de direções NW-NE e mergulhos para leste, resultantes de tectônica compressional, dúctil a dúctil-rúptil, e que se associam a cinturões dobras-falhas. As manifestações tardias dessa deformação são de natureza dúctil-rúptil correspondendo a clivagens de crenulação e fraturas rúpteis de direção preferencial E-W que cortam os *fronts* de empurrão.

Uma feição notável gerada nesse último evento refere-se à Faixa Tamanduá-Mutuca, correspondente a um corredor transpressivo (episódio tardio de deformação de baixa intensidade, de acordo com Endo (1997) e que se caracteriza pela duplicação de camadas das unidades Cauê, Batatal e Moeda, balizado por falhas de empurrão (MBR, 2002).

A influência das estruturas Brasileiras nos aquíferos é relatada na Mina do Tamanduá onde se verifica a ocorrência de duas falhas de rejeitos horizontais que possibilitaram a conexão hidráulica pontual entre os sistemas aquíferos Cauê e Moeda (MDGEO, 1999b). Falhas de mesma natureza (Pau Branco e Cachoeirinha) são identificadas nas proximidades da Mina Pau Branco, no entanto a estas não são atribuídos papéis relevantes na ruptura de barreiras hidráulicas (ÁGUA, 1999). Evidências de nascentes associadas a estruturas que truncam a aba leste do Sinclinal da Moeda são encontrados em falhamento secundário a sul da falha das Abóboras e junto à falha da Cata Branca. Nesses casos o rejeito aparente gerado pela movimentação dos blocos colocou em contato parte da camada itabirítica com as litologias pouco permeáveis das Formações Batatal e Moeda, criando uma barreira hidráulica e induzindo a surgência.

De acordo com MBR (2002) os pontos de descarga dos sistemas aquíferos de circulação profunda desenvolvido tanto nos itabiritos e hematitas da Formação Cauê quanto nos dolomitos da Formação Gandarela associam-se, muitas vezes, a fraturas ou falhas.

### 9.1.1 Morfotectônica Mesozóica e Cenozóica

A análise da tectônica recente mostra-se importante quando se considera que os principais fatores que controlam a circulação e o armazenamento de água subterrânea em rochas de baixa porosidade primária referem-se às falhas e fraturas que podem ser geradas ou reativadas nesses eventos. Outro aspecto de especial interesse corresponde ao papel desempenhado pelas estruturas (reativadas ou geradas) na evolução do processo de gênese do minério de ferro e que envolve a geração de alta porosidade intersticial em rocha originalmente de porosidade fissural.

Uma das feições notáveis do relevo do Quadrilátero Ferrífero é que todo o conjunto encontra-se sobrelevado (tectonicamente soerguido) com intervalo de altitude entre 900 e 1.000 metros, podendo alcançar 1.500 m em alguns trechos e até mais de 2.000 m, como na Serra do Caraça. Como apresentado por Varajão (1988), o Quadrilátero Ferrífero constitui um mosaico formado por províncias geomorfológicas ligadas diretamente às condições estruturais, nas quais variações altimétricas e na declividade das vertentes relacionam-se a variações litológicas.

Como principais traços fisiográficos da área pode-se citar (SAADI, 1991): i) grande escarpa (Serra do Curral) de direção SW-NE (com 100Km de comprimento e altura superior a 200 m e exposição para NW) que constitui um *hogback* e provavelmente, uma escarpa de falha; ii) as Sinclinais Moeda e Gandarela de direção geral NNW-SSE, relativamente planas, suspensas e localmente entulhadas de depósitos cenozóicos; iii) a depressão NNW-SSE escavada pelo rio das Velhas, num eixo de caráter antiformal. Estas feições de relevo indicam que o conjunto litoestrutural da região foi submetido a variações climáticas e a atividade erosiva desde o Proterozóico, com nítido controle litoestrutural (VARAJÃO, 1991).

Admite-se que o Quadrilátero Ferrífero foi afetado por soerguimentos epirogenéticos e falhamentos relacionados à tectônica distensional pós-cretácica cujos indícios consistem de (SAADI, 1991 e VARAJÃO, 1991): i) idade eocênica das bacias terciárias Gandarela e Fonseca ii) evidências cinemáticas distensivas encontradas em falhas de empurrão pré-cambrianas; iii) o reentalhamento da drenagem e o rejuvenescimento do relevo, com fenômenos de captura associados. Há um consenso entre os autores que o maciço correspondeu a uma área de forte soerguimento epirogenético durante o Mesozóico e o Cenozóico tendo sido estimado por King<sup>2</sup> (1956; *apud* VARAJÃO, 1988) que os valores acumulados das compensações isostáticas positivas, desde o final do ciclo pós-Gondwana, alcançam, 1.094 metros na região de Itabirito.

De acordo com Barbosa (1980) a serra do Caraça, testemunho de superfície cimeira, apresenta as mais altas elevações (cotas entre 1.500 e 1.600m) devido a processos de reativação neotectônica em que se ressalta o papel relevante assumido pelos sistemas de falhas no processo de esculturação do relevo. Os topos residuais das cristas das Sinclinais da Moeda e do Gandarela e da estrutura monoclinial da serra do Curral (cotas entre 1.308 a 1.600m) seriam resultantes de uma segunda geração de aplainamento configurando um dos mais importantes registros da evolução da paisagem, a inversão do relevo, onde as estruturas dobradas refletem morfologias de sinclinais suspensas e anticlinais escavadas. Considera-se que após esses eventos de aplainamento e período de dissecação o *Plateau* da Moeda tenha permanecido preservado e foi aberto, em períodos pós-pleistocênicos, pelos ribeirões Mata Porcos, Capitão do Mato e córrego dos Fechos, condicionados por uma zona de falha localizada próximo ao eixo da estrutura sinclinal (MEDINA *et al.*, 2005).

Estes aspectos são reforçados por Medina *et al.* (*op. cit.*) que admitem a formação da paisagem geomorfológica regional durante um período geológico mais recente (Neogeno e Quaternário) atestando o papel expressivo da tectônica Cenozóica no Quadrilátero Ferrífero que se revela pelo ajuste da rede de drenagem ao nível de base regional e pelas capturas de drenagem nas sinclinais suspensas que teriam ocasionado o esvaziamento de paleolagos. Estas últimas feições têm interesse particular no estudo da dinâmica de fluxo subterrâneo na área visto que os pontos de abertura dos sinclinais pelo processo de captura de drenagem representam pontos importantes de descarga do sistema aquífero de maior potencial na região (sistema Itabirítico).

Saadi (1991) em estudo a respeito da morfotectônica em Minas Gerais advoga para a região do Quadrilátero Ferrífero que os esforços tectônicos registrados foram compressivos na direção E-W no neo-cretáceo e trativos SW-NE (provavelmente compressivos SE-NW) no Cenozóico o que pode indicar a possibilidade de reativação das estruturas proterozóicas E-W e NE.

Evidências de falhamentos afetando sedimentos terciários e superfícies de aplainamentos foram percebidas por Gorceix<sup>3</sup> (1884, *apud* MEDINA *et al.*, 2005) e RADAMBRASIL (1983). Estudos mais recentes (MAGALHÃES<sup>4</sup> e SAADI, 1994 e MARQUES<sup>5</sup> *et al.*, 1994; *apud* MEDINA *et al.*, 2005) apontam a ocorrência de movimentos tectônicos durante o Pleistoceno em virtude da constatação de anomalias de perfis longitudinais de terraços dos rios das Velhas e Paraopeba e que se relacionam a falhamentos nos contatos entre os três principais compartimentos morfoestruturais regionais: o Quadrilátero Ferrífero, a Depressão de Belo

<sup>2</sup> KING, L. C. Geomorfologia do Brasil Oriental. *Rev. Bras. Geogr.*, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 147-266. 1956.

<sup>3</sup> GORCEIX, H. Bacias Terciárias d'água doce nos arredores de Ouro Preto (Gandarela e Fonseca), Minas Gerais, Brazil. *Anais da Escola de Minas de Ouro Preto*, Ouro Preto, v. 3, p. 75-92. 1884.

<sup>4</sup> MAGALHÃES Jr. A., SAADI, A. Influências morfo-estruturais e tectônicas na dinâmica fluvial do Rio das Velhas, na Região de Belo Horizonte-MG. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA*, 4, São Paulo. Anais... São Paulo/SP, 1994. P. 55-60.

<sup>5</sup> MARQUES, M. R., MOREIRA, P., SAADI, A. Evolução morfodinâmica da borda norte do Quadrilátero Ferrífero, com base na dinâmica fluvial plustocênica do rio Paraopeba. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA*, 4, São Paulo. Anais... São Paulo/SP, 1994. P. 49-54.

Horizonte e a Bacia do Bambuí. Magalhães<sup>6</sup> (2002; *apud* RIBEIRO, 2003) ao estudar os depósitos cenozóicos na Mina de Águas Claras, afirma que estes depósitos têm condicionamento estrutural ligado a falhamento e à evolução do relevo. Quanto a este aspecto é interessante notar os limites retilíneos dos depósitos de cobertura que ocorrem na extremidade sudoeste da Serra do Curral.

---

<sup>6</sup> MAGALHÃES, A. C. **Análise Sismo-tectônica da área da Mina de Águas Claras e arredores**. Belo Horizonte: Geo Estrutural Consultoria e Projetos. 2002. (Relatório Interno).

## 10. PONTOS DE ÁGUA

---

O inventário de pontos de água procurou identificar as ocorrências mais expressivas de águas subterrâneas e seus aspectos hidrodinâmicos, visando subsidiar a caracterização das unidades hidrogeológicas quanto aos potenciais hídricos e de qualidade hidrogeoquímica. Também foi considerado no levantamento as características físicas e sanitárias das captações como o tipo de captação, condições dos revestimentos, bombas, reservatórios e selo sanitário, fontes de contaminação, entre outras.

O cadastramento de campo foi iniciado em julho e finalizado em novembro de 2002. Os dados complementares foram obtidos em outros levantamentos e junto aos proprietários das captações.

Foram levantados 1.221 pontos, sendo 431 nascentes, 268 cabeceiras de drenagem (pontos a jusante e próximos das nascentes), 275 poços tubulares, 58 poços escavados, 164 piezômetros (46 deles do tipo multinível), 20 galerias ou túneis e 05 surgências em cavas de minas. No APÊNDICE D, encontra-se o resumo das informações levantadas para os diversos pontos e no APÊNDICE E o banco de dados completo em planilha eletrônica (1 CD Rom). A TAB. 4 apresenta a distribuição dos pontos d'água por unidades hidrogeológicas.

Os pontos estão plotados nos mapas hidrogeológicos (APÊNDICES A, B e C), e foram representados segundo a natureza (poço tubular, escavado, nascente, etc.); vazão (livre em  $m^3/h$  e capacidade específica em  $m^3/h/m$  para poços tubulares com rebaixamento arbitrado em 25 m); situação do ponto (em uso, sem uso, desativado e não determinado); se monitorado ou não; e se com análises físico-químicas ou não. Quando representativos foram exibidos os dados de profundidade, nível estático, condutividade elétrica e vazão. Quando muito próximos para a escala de apresentação foram agrupados com o símbolo do ponto com maior número de dados ou de representatividade.

TABELA 4 - Inventário de pontos de água.

UNIDADE HIDROGEOLÓGICA	Nascente	Cabeceira de drenagem	Poço tubular	Poço escavado	Piezômetro	Galeria	Surgência em cava	TOTAL
SISTEMA AQÜÍFERO GRANULAR	33	12	6	30	-	-	-	81
SISTEMA AQÜÍFERO QUARTZITO CERCADINHO	10	10	8	-	-	-	-	28
SISTEMA AQÜÍFERO CARBONÁTICO	45	12	27	4	9	-	-	97
SISTEMA AQÜÍFERO ITABIRITICO	55	23	66	1	84	5	5	239
SISTEMA AQÜÍFERO QUARTZÍTICO	75	65	17	1	2	7	-	167
SISTEMA AQÜÍFERO FORMAÇÃO FERRÍFERA	2	2	3	-	-	4	-	11
SISTEMA AQÜÍFERO XISTOSO	160	120	93	18	9	3	-	403
SISTEMA AQÜÍFERO GRANITO-GNÁISSICO	50	22	35	4	-	-	-	111
AQÜITARDO	-	-	13	-	3	-	-	16
INDEFINIDO	1	2	7	-	57	1	-	68
<b>TOTAL</b>	<b>431</b>	<b>268</b>	<b>275</b>	<b>58</b>	<b>164</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>1221</b>

Os pontos de água estão distribuídos por toda a região, sendo que na porção leste e ao longo da BR-040 concentra-se o maior número, principalmente de poços tubulares, escavados e de observação (piezômetros).

Uma significativa rede de monitoramento hidrogeológico vem sendo implantada e progressivamente aumentando o número de pontos de observação. São poços tubulares, piezômetros, nascentes, galerias e surgências em cava, monitorados com medições sistemáticas de vazões e níveis, e eventuais parâmetros físico-químicos, que objetivam avaliar os possíveis impactos qualitativos e quantitativos das principais atividades econômicas aos aquíferos.

O uso da água dos pontos inventariados é tratado no volume 10 - Uso da Água e Disponibilidades Hídricas.

### 10.1 Poços Tubulares

Poços tubulares vêm sendo perfurados intensamente desde a década de 80 do século passado em todas as regiões do Brasil. É uma fonte de abastecimento alternativa que vem se consolidando e cada vez mais atendendo as demandas para abastecimento humano, industrial, agrícola e pecuário.

Na APA Sul RMBH, o elevado e crescente número de poços tubulares se deve às atividades de mineração que necessitam rebaixar o nível de água nas cavas, ao abastecimento em condomínios e ao abastecimento doméstico em sítios e fazendas. Os dois últimos tipos de usos têm intensificado a demanda pela prioridade dada aos grandes aglomerados urbanos pelo sistema público de abastecimento e pelo comprometimento progressivo da qualidade dos cursos d'água. Dos 170 poços com identificação do ano de perfuração, 97% (165) foram perfurados nos últimos 24 anos e 68 % (117) nos últimos dez anos.

Foram inventariados 275 poços tubulares profundos e rasos na região da APA Sul RMBH e entorno próximo. Estão concentrados nas áreas urbanizadas próximas a Belo Horizonte e

carentes de abastecimento público de água, e em minerações (72 poços). Cerca de 80 poços tubulares estão em condomínios para uso coletivo ou particular, sendo que vários se encontram subutilizados.

Dos poços levantados, 187 estavam em produção e 19 não estavam instalados. Motivos diversos levaram à desativação de 67 poços, sendo que grande parte destes é de propriedade das mineradoras que com o avanço das lavras ou das baixas produtividades foram destruídos ou abandonados.

Os diâmetros dos revestimentos variam de 100 a 400 mm, 70% são de 150 mm. As profundidades variam entre 11,0 e 349,0 metros, com valor mediano de 100,0 metros (210 pontos). O revestimento é de aço em 85% dos poços tubulares, enquanto os mais recentes são em PVC Geomecânico.

As entradas de água geralmente estão em fraturas, mas é comum o emprego de filtros e revestimento em toda a seção perfurada em razão das freqüentes intercalações de litologias compactas e inconsolidadas nas seqüências metassedimentares. Como exemplo, os poços perfurados na Formação Cauê que apresentam intercalações métricas de itabiritos compactos e hematitas friáveis, exigindo o revestimento em todas as seções, o qual pode alcançar centenas de metros, como no ponto 617 na Mina de Águas Claras com 350 metros de revestimento e filtros.

Também é necessário utilizar revestimentos nos poços perfurados nas rochas granito-gnáissicas, onde é comum o emprego de filtros para o aproveitamento das águas armazenadas nos horizontes meteorizados que atingem algumas dezenas de metros (40 metros nos pontos 168 e 199), e para sustentar as paredes dos poços nestes horizontes.

A perfuração de poços tubulares nas seqüências metassedimentares pode ser dificultada devido aos freqüentes mergulhos de forte declividade apresentados pelas camadas e às intercalações de materiais de competência distintas, o que exige o emprego de técnicas e equipamentos adequados (SILVA *et al.*, 1995).

As capacidades específicas variam muito de acordo com a unidade aquífera, podendo atingir até 87,0 m<sup>3</sup>/h por metro de rebaixamento. Vale ressaltar que são raros os poços com vazões nulas. Os maiores valores estão nos sistemas aquíferos Itabirítico e Carbonático. A TAB. 5 apresenta os dados estatísticos dos poços por unidade hidrogeológica. No sistema Itabirítico os resultados refletem o elevado número de poços em áreas de mineração, com níveis rebaixados e com grandes profundidades, sendo portanto de utilização limitada.

A grande diversidade de capacidades específicas é decorrente da hidrogeologia complexa com aquíferos em seqüências metassedimentares apresentando intercalações bruscas de litótipos, dobras, fraturas, falhas de empurrão e transcorrentes. Sendo assim, os sistemas aquíferos apresentam grandes variações laterais e em profundidade nas suas propriedades hidrodinâmicas.

Os níveis de água são relativamente rasos, mediana de 28 metros de profundidade, e os níveis dinâmicos atingem 54 metros de mediana. Por vezes, poços próximos apresentam diferenças de níveis em decorrência da compartimentação dos aquíferos por barreiras hidráulicas. Desse modo, a superfície piezométrica não é contínua para cada sistema aquífero e pode, localmente, apresentar gradientes hidráulicos elevados, sugerindo a existência de barreiras hidráulicas.

Na maioria dos poços são utilizadas bombas submersas com energia elétrica, e as condições sanitárias em geral são boas (FOTO 14), com algumas exceções quanto à ausência do selo sanitário e proximidade de fontes de contaminação, como córregos poluídos e fossas domésticas. Uma área crítica quanto aos riscos de contaminação é no bairro Jardim Canadá, em Nova Lima, onde a densidade populacional, a falta de saneamento básico e a significativa capacidade de infiltração do substrato favorecem a percolação de contaminantes.



## 10.2 Piezômetros

Os piezômetros levantados são poços de observação dos níveis d'água e, na grande maioria, de propriedade das mineradoras de ferro. Vários foram aproveitados dos furos de sondagem para prospecção mineral e alguns são poços tubulares desativados. Estão posicionados no interior das minas e entorno próximo.

Foram levantados 164 poços de observação, sendo que 46 são multiníveis, isto é, medem a carga hidráulica em diferentes profundidades, ou unidades hidrogeológicas, por tubulações separadas.

São revestidos em PVC ou PVC Geomecânico com diâmetro de 50 mm. Nos piezômetros construídos, as entradas de água estão nos últimos metros de perfuração, no PVC serrilhado e revestido com tela de nylon. O pré-filtro é de areia selecionada ou pedrisco.

Piezômetros multiníveis medem os níveis em diferentes horizontes aquíferos e seguem a mesma metodologia construtiva, com cimentação ou selo bentonítico entre as câmaras.

A maioria dos perfis litológicos dos poços de observação não foi disponibilizada, e conseqüentemente, a análise das medições fica prejudicada pelo desconhecimento da unidade hidrogeológica que está sendo monitorada.

TABELA 5 - Estatística de profundidades, níveis e vazões de poços tubulares.

Unidade hidrogeológica	Quant.	Profundidade (m)			Nível estático (m)			Nível dinâmico (m)			Capac. específica (m <sup>3</sup> /h/m)		
		max.	min.	mediana	max.	min.	mediana	max.	min.	mediana	max.	min.	mediana
Sistema Aquífero Granular	6	120,0	28,0	80,0 (05)	57,7	+ 0,9	6,1 (04)	-	-	-	-	-	-
Sistema Aquífero Quartzito Cercadinho	8	184,0	44,0	120,5 (06)	69,9	2,5	25,5 (06)	136,2	45,0	65,0 (04)	0,235	0,000	0,040 (05)
Sistema Aquífero Carbonático	27	152,0	26,0	99,0 (23)	55,0	8,9	15,6 (19)	88,0	12,2	33,9 (16)	87,038	0,024	2,535 (16)
Sistema Aquífero Itabirítico	66	349,0	68,0	150,0 (60)	187,8	1,7	63,3 (58)	133,0	9,5	65,1 (49)	19,226	0,045	1,625 (49)
Sistema Aquífero Quartzítico	17	306,0	52,0	116,0 (13)	142,4	+ 0,6	26,3 (14)	162,3	34,0	66,7 (08)	5,214	0,257	0,620 (08)
Sistema Aquífero Formação Ferrífera	3	120,0	50,0	90,0 (03)		0,0 (02)		60,3	28,4	44,3 (02)	2,794	0,298	1,546 (02)
Sistema Aquífero Xistoso	93	200,0	30,0	80,0 (64)	100,0	+ 0,5	14,62 (53)	170,2	16,0	53,0 (21)	1,170	0,025	0,120 (18)
Sistema Aquífero Granito-Gnáissico	35	120,0	11,0	78,0 (24)	25,0	0,7	4,2 (22)	64,0	25,0	36,7 (05)	0,442	0,043	0,251 (05)
Aquífero	13	205,0	48,0	105,0 (08)	106,0	0,3	38,1 (08)	-	-	-	-	-	-
Indefinido	7	150,0	55,0	104,0 (04)	20,00	11,5	15,7 (02)	-	-	-	-	-	-

( ) numero de dados considerado

### 10.3 Poços Escavados

Foram levantados parcialmente devido a pouca representatividade do potencial hídrico subterrâneo e do curto período de campo. Em locais onde ocorrem em maior número, como no Jardim Canadá, os poços foram levantados por amostragem e aproveitados dos cadastros existentes. Geralmente estão em áreas rurais e bairros e condomínios suburbanos com pouca disponibilidade de mananciais com água de qualidade

Foram inventariados 58 poços escavados que estão revestidos de tijolos, manilhas, reboco ou ainda sem revestimento, com diâmetros de até 1.100 mm. A profundidade mediana é de 17,5 metros e máxima de 38 metros. O nível estático mediano é de 5,5 metros e máximo de 24,5 metros. As maiores profundidades e os níveis mais baixos são encontrados nos poços do bairro Jardim Canadá que estão em sedimentos alúvio-coluvionares com espessuras significativas, mas em geral os poços são rasos e captam água dos aquíferos granulares de formações superficiais de pouca espessura. Grandes oscilações do nível d'água também são registradas nos poços do Jardim Canadá, que em períodos de estiagem praticamente secam e naqueles de chuva quase transbordam.

O bombeamento é feito através de bombas submersas de pequena potência (0,5 cv), conhecidas como bombas "sapo".

As condições sanitárias destas captações são precárias, pois estão sujeitas a contaminação por fossas e efluentes domésticos ou disposição inadequada de resíduos sólidos, principalmente na região do Jardim Canadá, Vale do Sol e Água Limpa, situados ao longo da BR-040, onde o saneamento é precário e a ocupação urbana é significativa.

### 10.4 Nascentes e Cabeceiras de Drenagem

A denominação Cabeceiras de drenagem foi atribuída aos pontos situados à jusante e próximos das nascentes, mas que mantêm as características físico-químicas e vazões aproximadas dos mananciais, aspectos que deverão ser mais bem definidos em estudos futuros. Nas situações em que as nascentes encontravam-se aterradas por material estéril de minerações e drenadas, estas foram consideradas como cabeceiras de drenagem (FOTOS 19, 21 e 22).

As nascentes estão disseminadas por toda a área em consequência da elevada precipitação pluviométrica na região e das variadas capacidades de armazenamento dos aquíferos rasos e profundos que podem proporcionar expressivas vazões. São mananciais de importância inquestionável para a preservação de ecossistemas e para o abastecimento de diversas comunidades.

Foram inventariadas 431 nascentes e 268 cabeceiras de drenagem na região da APA Sul RMBH e entorno próximo. As principais nascentes foram inventariadas *in loco* e a TAB. 6 mostra os resultados estatísticos das vazões medidas no levantamento, segundo o sistema aquífero a que pertencem. Na TAB. 7 encontram-se discriminadas as nascentes e cabeceiras de drenagem com vazões naturais e perenes, sem interferências de barragens ou lançamento de efluentes, e vazões medidas ou estimadas iguais e acima de 50 m<sup>3</sup>/h, juntamente com a unidade hidrogeológica correspondente.

A FIG. 11 mostra a distribuição espacial das nascentes mais expressivas em volume, onde se observa que nem todas as nascentes de unidades aquíferas definidas estão sobre a unidade correspondente mapeada. Isto em razão do posicionamento, por vezes, impreciso em função da escala de trabalho e das particularidades dos sistemas aquíferos que podem estar conectados com mais de uma unidade hidrogeológica.

TABELA 6 - Estatística das vazões medidas em nascentes.

Unidade hidrogeológica	Medições	Vazão m <sup>3</sup> /h			
		máximo	mínimo	mediana	3º Quartil
Sistema Aqüífero Granular	16	25,0	0,5	2,7	5,13
Sistema Aqüífero Quartzito Cercadinho	8	48,4	4,8	23,5	27,93
Sistema Aqüífero Carbonático	37	439,9	0,1	2,4	5,4
Sistema Aqüífero Itabirítico	35	493,0	1,0	16,6	86,7
Sistema Aqüífero Quartzítico	45	25,6	0,1	2,0	3,07
Sistema Aqüífero Formação Ferrífera	1	2,4		-	-
Sistema Aqüífero Xistoso	126	150,5	0,1	1,1	2,9
Sistema Aqüífero Granito-Gnáissico	40	8,5	0,1	1,5	3,6

O tipo de ocorrência pode ser como surgência cárstica ou, de forma mais comum, como nascente de contato, onde na base do aquífero existe um estrato pouco permeável e a morfologia do terreno favorece o escoamento.

A grande maioria está relacionada com aquíferos rasos e suspensos em sedimentos alúvio-coluvionares ou formações superficiais intemperizadas, presentes em parte expressiva das litologias. Estão estreitamente relacionadas com o regime pluvial de rápida recarga dos aquíferos que se reflete em curto tempo de residência no substrato e variações sazonais de vazão. Geralmente têm pequenas vazões, 85 % são menores que 5,0 m<sup>3</sup>/h. A vegetação ciliar é freqüente e muito importante para a manutenção dos níveis de água e vazões.

Nascentes de contato na base de colúvios de canga são comuns e importantes, pois representam restituições de aquíferos bastante porosos que armazenam água pluvial e também responsáveis por diversas captações, como nas regiões de Casa Branca, Alphaville, Água Limpa, Vale do Mutuca e Barreiro. Os valores de vazões específicas obtidos no inventário são anômalos e acima de 50 m<sup>3</sup>/h/km<sup>2</sup>.

Os colúvios de canga estão depositados em vales e nas encostas das Formações Cauê e Gandarela e, também, sobre terrenos granito-gnáissicos do embasamento e xistos do Grupo Nova Lima. São materiais originários das Formações Cauê e Gandarela e constituídos de blocos e fragmentos de hematita e canga litificados, com significativas porosidades e espessuras variáveis. As nascentes nestes aquíferos podem apresentar vazões da ordem de algumas dezenas de m<sup>3</sup>/h, como nas nascentes ao longo da BR-040 no trecho entre Água Limpa e Condomínio Lagoa do Miguelão, e, geralmente, afloram ao longo dos cursos d'água. Onde a vegetação natural está preservada, encontram-se cobertos por densas matas de galeria que exercem um efeito "tampão" para o escoamento hídrico superficial.

Os mananciais mais importantes e com as maiores vazões, da ordem de centenas de m<sup>3</sup>/h, são os exutórios naturais do sistema aquífero Itabirítico que também apresenta grandes reservas de minério de ferro. Neste fato natural ocorre um dos maiores problemas ambientais da APA SUL RMBH: equacionar a manutenção dos mananciais e a exploração do minério de ferro.

Tabela 7: Nascentes e cabeceiras de drenagem com vazões superiores a 50 m3/h.

ID ponto	Natureza	Local / Endereço	UTM MAPA	UTME MAPA	Data da medida	Vazão medida (m3/h)	Vazão estimada (m3/h)	Unidade hidrogeológica	Unidade aquífera	C. e. μS/cm-25°C	pH	Observações
18	Nascente	Faz. Pedro Silva / Água Mineral Turqueza	7779982	586656	01/09/00	184,14		SIST. AQUÍFERO XISTOSO	Grupo Sabará	157,0	7,67	
33	C. de drenagem	Mina Córrego do Feijão / Faz. Bela Vista	7778316	599394	01/09/00	74,92		SIST. AQUÍF. QZTO. CERCADINHO	Form. Cercadinho	60,2	7,51	Vazão afetada por captação a montante.
65	Nascente	Mina Córrego do Feijão / Nascente Leste	7776495	591987	13/07/00		135,0	SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	8,0	5,47	
67	Nascente	M. Cór. do Feijão / Nascente do Quejetiba	7776650	592130	18/03/02	100,00		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	11,0	5,84	
71	C. de drenagem	Mina da Jangada / Engenho Seco	7779038	592517	01/09/00	51,48		SIST. AQUÍFERO CARBONÁTICO	Form. Gandarela	111,0	7,43	
72	Nascente	Mina da Jangada / Antiga barragem da COPASA	7779331	592578	01/09/00	61,20		SIST. AQUÍFERO QUARTZÍTICO	Formação Taboões	50,0	6,86	Vazão afetada por captação a montante. Nascente também na barragem.
79	Nascente	Mina da Jangada / Engenho Seco	7779059	593222	01/09/00	126,36		SIST. AQUÍFERO QUARTZÍTICO	Form. Cercadinho	27,0	7,05	Água infiltra reaparecendo alguns metros abaixo.
114	Nascente	M. da Jangada / Braço direito do cór. Jangada	7777851	596500	05/07/01	55,40		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	6,0	5,26	
115	C. de drenagem	M. da Jangada / Braço direito do cór. Jangada	7777619	596583	01/07/02	139,14		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	12,0	5,60	
116	C. de drenagem	M. da Jangada / Braço esq. do cór. Jangada	7777636	596683	01/07/02	80,50		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	5,0	4,97	Diversos pontos de surgência a montante.
117	C. de drenagem	Casa Branca / Próximo do Cór. da Jangada	7775990	597180	04/10/02		60,0	SIST. AQUÍF. GRANITO-GNAÍSSICO	Form. superficial	21,0	6,06	
126	C. de drenagem	Córrego de Alma / Faz. Morro Grande	7766256	598349	15/07/02	55,00		SIST. AQUÍF. GRANITO-GNAÍSSICO	Form. superficial	36,0	7,19	
128	Nascente	Casa Branca / Captação	7778723	598454	01/09/02	73,40		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	7,0	5,11	
136	Nascente	Captação Taboões	7781568	599283	10/09/02	493,00		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	14,0	7,16	Nascentes difusas. Volume totalmente captado.
154	Nascente	Captação Rola Moça	7782501	600442	10/09/02	302,00		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	11,0	7,00	Volume totalmente captado.
159	C. de drenagem	Casa Branca / Recanto do Vale II	7777425	600638	01/10/02		80,0	SIST. AQUÍF. GRANITO-GNAÍSSICO	Form. superficial	24,0		
175	C. de drenagem	Captação Bálsamo	7783236	601457	10/09/02	122,00		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Form. Cauê e Gandarela	51,0	7,55	Volume totalmente captado.
195	C. de drenagem	Parque do Rola Moça / M. Extrat. Páraopeba	7780370	602348	14/10/02		50,0	SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	8,0	5,55	Vazão elevada difícil para medi-la.
204	C. de drenagem	Captação Catarina-Barragem Secundária	7780470	603855	22/05/02	265,46		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	6,0	5,92	Diversas pequenas nascentes a montante. Volume totalmente captado.
209	C. de drenagem	Parque do Rola Moça / Cór. do Barreiro	7785200	604450	23/10/02		100,0	SIST. AQUÍFERO GRANULAR	Colúvio	21,0	6,31	
210	Nascente	Captação Catarina-Barragem Principal	7780782	604618	13/07/00	151,49		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	13,0	6,05	Nascente represada. Volume totalmente captado.
221	C. de drenagem	Vale do Mutuca / Serra da Moeda	7785904	605684	03/08/01	56,30		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	18,2	7,12	
249	Nascente	Condom. Retiro do Chale / Captação Mãe d'Água	7776903	606196	23/10/02	208,80		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	20,0	5,93	Área de nascentes a jusante das captações. Volume totalmente captado.
250	C. de drenagem	Condom. Retiro do Chale / Captação Mãe d'Água	7767922	606252	23/10/02	133,20		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	22,0	7,25	Captações para o Retiro do Chale, Águas Claras e comunidade. Conflito entre usuários.
281	C. de drenagem	Vale do Mutuca / Depósito da COPASA	7785073	606712	03/08/01	96,91		SIST. AQUÍFERO GRANULAR	Colúvio	21,7	7,15	Presença de colúvio de canga ao longo das drenagens.
285	C. de drenagem	Suzana / Captação	7761662	606757	01/10/02		> 100,0	SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	34,0	7,40	
287	Nascente	Mina Pau Branco / Tutamea	7772873	606810	05/09/98		90,0	SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Form. Cauê e Moeda	51,0	6,90	Captada a jusante, na barragem, medições na barragem.
295	C. de drenagem	Vale do Mutuca / Depósito da COPASA	7784734	607016	24/08/01	56,10		SIST. AQUÍFERO GRANULAR	Colúvio	9,8	7,26	Presença de colúvio de canga ao longo das drenagens.
300	Nascente	Condomínio Lagoa do Miguelão	7776220	607124	20/08/02		120,0	SIST. AQUÍFERO GRANULAR	Colúvio	7,0		Difícil medição. Afloramento de canga. Captação coberta e com acesso restrito. Volume totalmente captado.
311	C. de drenagem	Vale do Mutuca / Depósito da COPASA	7784658	607341	05/07/01	52,33		SIST. AQUÍFERO GRANULAR	Colúvio	26,1	7,65	Presença de colúvio de canga ao longo das drenagens.
321	Nascente	Captação de Fechos / Montante da Barragem Principal	7779400	607600	21/08/98	439,32		SIST. AQUÍFERO CARBONÁTICO	Form. Gandarela	88,8	8,22	Monitoramento de vazão é feita na barragem principal, 1500m à jusante.
324	Nascente	Cond. Lagoa do Miguelão, Portaria A	7776234	607643	22/10/02	208,30		SIST. AQUÍFERO CARBONÁTICO	Form. Gandarela	112,0	7,58	Antiga captação da Skol, atualmente desativada. Aumento de vazão com o período chuvoso. Afloramento de canga.
333	Nascente	Clube Serra da Moeda	7767365	607891	16/08/02		> 100,0	SIST. AQUÍFERO GRANULAR	Colúvio	17,0	6,54	Elevada vazão, área pantanosa. Afloramento de canga. Captação protegida e com vegetação.
338	Nascente	Cond. Lagoa do Miguelão, Portaria C	7774268	607953	23/10/02	64,80		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	16,0	5,15	Antiga captação da cervejaria SKOL. Área preservada com mata. Captação desativada.
353	Nascente	Vale do Mutuca / Nascente Água Quente	7787292	607742	09/08/01		120,0	SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê			Captada a jusante.
364	Nascente	BR-040, km 442 / Cond. Estância Serrana	7787709	608456	26/09/02		> 50,0	SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	15,0	5,51	Vazão elevada, difícil medição.
366	Nascente	Captação de Fechos / Barragem Auxiliar	7780887	608564	03/08/01	139,75		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	7,2	7,37	Volume totalmente captado.
381	C. de drenagem	Captação Cercadinho	7791238	609112	22/07/02		288,0	SIST. AQUÍFERO CARBONÁTICO	Form. Gandarela e Cercadinho	82,0	7,53	Na cabeceira ocorre o lançamento de águas pluviais que drenam o bairro Belvedere.
384	Nascente	Captação de Fechos / Jusante da Ponte	7780712	608731	01/08/01	243,22		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	36,2	7,35	Volume totalmente captado.
420	Nascente	Captação de Fechos / Casa de Bombas	7780927	609260	03/08/01	231,14		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	64,0	7,72	Volume totalmente captado.
690	Nascente	Rio do Peixe / Usina E	7773485	616492	30/08/02		> 200,0	SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	7,0	5,42	Vazão elevada difícil para medi-la.
699	C. de drenagem	M. de Águas Claras / Nascente Diamante	7791641	616905	01/05/02	149,76		SIST. AQUÍFERO XISTOSO	Unid. Cór. do Sítio	82,0	6,87	
727	Galeria	M. de Águas Claras / Adutora Bela Fama	7794971	617925	26/09/00		180,0	SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	13,0	6,77	
741	Nascente	Mina Fernandinho / Nascente Trovões	7769716	618535	11/10/02		200,0	SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	27,5	5,94	A captação é feita a jusante da nascente. Volume totalmente captado.
767	C. de drenagem	Papa Milho / Sítio Três irmãos	7779750	619249	14/08/02	72,00		SIST. AQUÍFERO XISTOSO	Unid. Cór. do Sítio	32,7	7,18	
790	Nascente	Mina do Pico / Cata Branca	7763664	620348	05/08/02	130,52		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	29,0	7,00	Grande vazão. Nascentes inundadas por barragem. Não oscila com chuvas.
805	C. de drenagem	M. do Pico / Cór. Seco-tributário 2 / SAAE	7759620	621154	15/10/02	124,00		SIST. AQUÍFERO XISTOSO	Form. Moeda e Unid. Cór. da Paina	23,4	6,82	
847	C. de drenagem	Santa Rita / Fazenda Asa Branca	7785130	624351	27/07/02	75,60		SIST. AQUÍFERO XISTOSO	Unid. Mestre Caetano	39,0	8,26	
950	C. de drenagem	Retiro / Calado	7767529	630380	14/08/02		50,0	SIST. AQUÍFERO XISTOSO	Unid. Catarina Mendes	49,0	7,81	
995	Nascente	Rio do Peixe / Usina B	7773019	616356	30/08/02		>200,0	SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	14,0	6,40	Aflora ao longo do leito do Rio do Peixe que corta a Formação Cauê.
1002	C. de drenagem	Laranjeiras / Fazenda Ponte Nova	7762531	636600	20/08/02		> 50,0	SIST. AQUÍF. GRANITO-GNAÍSSICO	Form. superficial	37,0	7,71	
1029	C. de drenagem	Gandarela / Fazenda Gandarela	7780066	638966	16/09/02	50,00		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	10,0	8,02	Nascente difusa.
1033	C. de drenagem	Gandarela / Fazenda Gandarela	7778079	639450	18/09/02	150,00		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	8,0	8,26	
1042	C. de drenagem	André / Poço Preto	7787297	639993	04/11/02	100,00		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	11,0	6,59	
1047	C. de drenagem	André / Córrego dos Ausentes	7786973	640268	26/09/02	75,00		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	15,0	6,44	
1051	C. de drenagem	André / Córrego Maria Casimira	7786857	640551	20/11/02		100,00	SIST. AQUÍFERO CARBONÁTICO	Formação Gandarela	52,0	6,42	
1054	C. de drenagem	Gandarela / Mata Cavalo	7777306	640991	17/09/02	208,80		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	12,0	8,07	
1076	C. de drenagem	André / Fazenda Santa Cruz	7790087	642593	21/09/02	75,00		SIST. AQUÍFERO ITABIRÍTICO	Formação Cauê	19,0	8,23	Nascente em depósito de tálus.
1079	C. de drenagem	Lopes / Carvoeira	7781937	642671	19/09/02	50,00		SIST. AQUÍF. QZTO. CERCADINHO	Form. Cercadinho	4,0	6,67	
1104	Nascente	Mina da Serra Geral / Grotão do Bozano	7768680	644507	19/02/02	93,00		INDEFINIDO		10,0	5,86	Surgência drenada por matações abaixo da pilha rejeito.
1129	C. de drenagem	Mina da Serra Geral / Capanema	7767608	647601	19/09/02		> 100,0	SIST. AQUÍFERO XISTOSO	Form. Moeda e Unid. Rio de Pedras	4,0	6,89	
1134	C. de drenagem	Jardim / Fazenda Jardim	7776044	648162	15/08/02		200,0	SIST. AQUÍFERO XISTOSO	Unid. Cór. do Sítio	10,3	6,74	
1156	C. de drenagem	Carança / Trilha do Campo de Fora	7774773	654598	16/07/02	63,00		SIST. AQUÍFERO QUARTZÍTICO	Formação Moeda	3,9	5,61	
1208	C. de drenagem	Carança / Bocaina	7774131	660669	27/08/02	72,00		SIST. AQUÍFERO QUARTZÍTICO	Formação Moeda	16,8	4,43	





**PONTOS DE ÁGUA**

- Natureza**
- ♂ Cabeceira de drenagem
  - ⊖ Galeria
  - Nascente

Edição cartográfica (em ambiente GIS) e composição de lay-out: Geógr. Rosângela G. Bastos de Souza - GERIDE/CPRM-BH

**LEGENDA**

**UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS**

- SISTEMA AQUÍFERO GRANULAR
- SISTEMA AQUÍFERO QUARTZITO CERCADINHO
- SISTEMA AQUÍFERO CARBONÁTICO
- SISTEMA AQUÍFERO ITABIRÍTICO
- SISTEMA AQUÍFERO QUARTZITO
- SISTEMA AQUÍFERO FORMAÇÃO FERRÍFERA
- SISTEMA AQUÍFERO XISTOSO
- SISTEMA AQUÍFERO GRANITO-GNÁISSICO
- AQUÍTARDO

**CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS**

- Localidades
- ⊙ Sede distrital
- Sede municipal
- Drenagem
- Rodovia estadual
- Rodovia federal
- Rodovia municipal
- Limite APA Sul RMBH

ESCALA 1:225.000



PROJEÇÃO UNIVERSAL DE MERCATOR  
DATUM HORIZONTAL: SAD-69

Origem de quilometragem UTM: "Equador e Meridiano 45 W Gr.",  
acrescidas as constantes: 10.000km e 500km, respectivamente.

2005

**FIGURA 11: Pontos de água com vazão livre acima de 50m³/h**



Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral  
Ministério de Minas e Energia





No sistema aquífero Itabirítico existem 38 nascentes e cabeceiras de drenagem com vazões medidas ou estimadas acima de 50 m<sup>3</sup>/h que ocorrem nas encostas da Formação Cauê, nas regiões das sinclinais Gandarela, da Moeda e Ouro Fino. A vazão mediana de 29 pontos medidos é de 133,2 m<sup>3</sup>/h.

As nascentes neste sistema aquífero nem sempre ocorrem de forma pontual, em diversas situações estão em uma área, ou zona, de afloramento com vários pontos de surgência. As nascentes com vazões mais expressivas ocorrem desta maneira (ponto 204-Catarina Secundária; pontos 366, 384 e 420-captações de Fechos; ponto 741-Trovões; ponto 995-canyon do rio do Peixe, entre outras).

A FIG. 12 ilustra em uma seção geológica esquemática a forma mais comum de surgência de águas do aquífero Itabirítico, onde o aquífero está confinado na base pela Formação Batatal, constituída de filitos muito pouco permeáveis. A água é drenada quando a superfície piezométrica intercepta um talvegue na superfície topográfica.

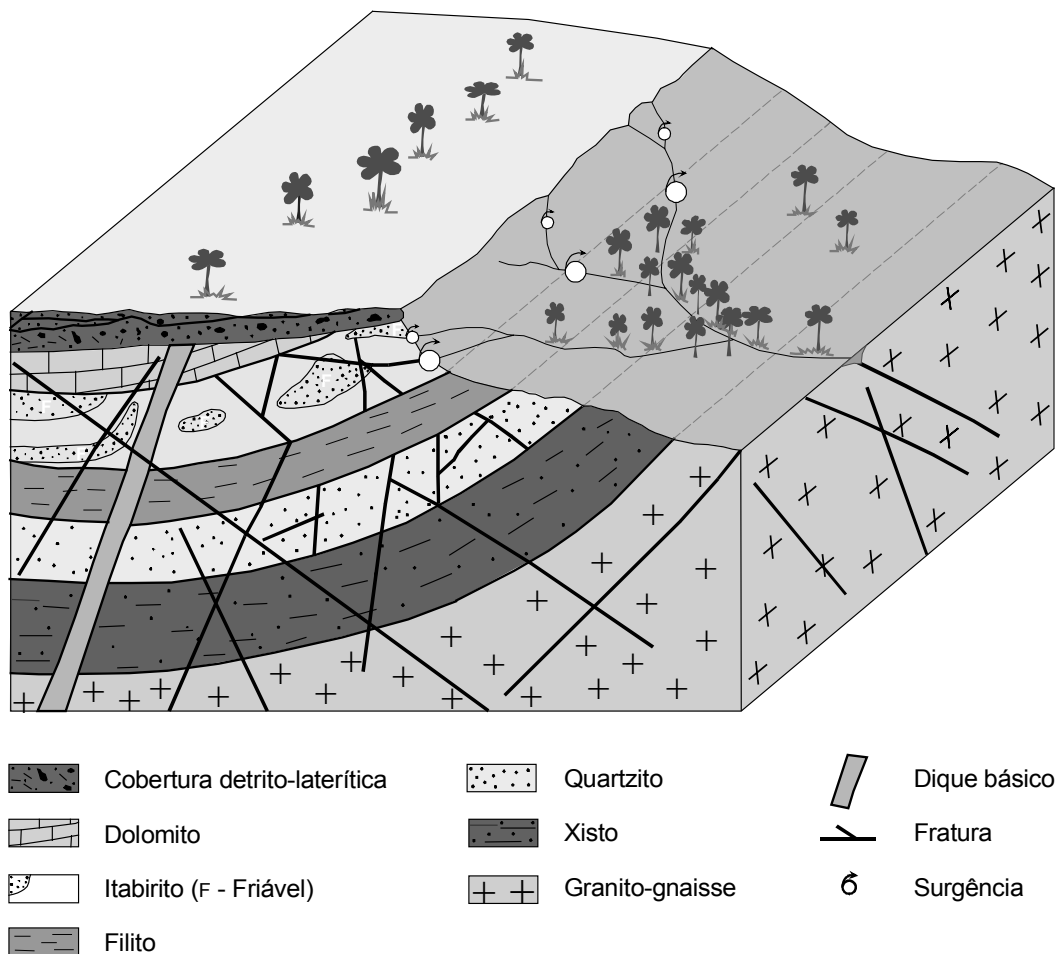


FIGURA 12 - Modelo de nascentes de contato do sistema aquífero Itabirítico.

As nascentes situadas na vertente norte da estrutura homoclinal nas Serras do Curral, Rola Moça e Três Irmãos, onde a estratigrafia está invertida, surgem no contato com a base confinante formada de rochas da Formação Cercadinho, constituída de filitos e quartzitos intercalados. Neste caso, as águas teriam origem no sistema aquífero Cauê, atravessam fraturas ou condutos cársticos da Formação Gandarela (dolomitos) e afloram nos planos de contato com os estratos impermeáveis.

Surgências cársticas são pouco frequentes, mas são importantes quanto aos volumes de restituição como no ponto 321-Fechos com cerca de 440 m<sup>3</sup>/h, e ponto 324-Condôminio

Miguelão com 208 m<sup>3</sup>/h. A captação do Cercadinho (ponto 381, com aproximadamente 209 m<sup>3</sup>/h), também apresenta características físico-químicas e hidrodinâmicas de aquíferos carbonáticos. São nascentes relacionadas, principalmente, com rochas carbonáticas da Formação Gandarela e ocorrem nas regiões das sinclinais Gandarela, da Moeda e Ouro Fino. No entanto, a grande maioria, 70 % das nascentes, apresentam vazões menores que 5,0 m<sup>3</sup>/h, tendo como mediana o valor de 2,44 m<sup>3</sup>/h (37 pontos).

Algumas nascentes vêm apresentando diminuição de vazão como consequência do rebaixamento do nível de água nas minerações de ferro. As nascentes do Angu (ponto 520), Cata Branca (ponto 790), Fechos (pontos 351, 366, 384 420), Águas Claras (soterrada por pilha de estéril) e Grota Fria (ponto 500), são alguns exemplos de nascentes que foram, ou virão a ser, impactadas por atividades de mineração.

Este fato resulta de que várias nascentes estão conectadas hidraulicamente com os aquíferos existentes nas reservas de minério de ferro friável, enriquecidos por processos supergênicos de lixiviação da sílica e carbonatos do itabirito dolomítico ou quartzítico. Sendo assim, o rebaixamento do nível piezométrico nas minerações tem grandes possibilidades de causar impactos em algum dos exutórios dos aquíferos no entorno das minerações.

Também existem casos de exutórios relacionados com outros sistemas aquíferos, mas que recebem recarga dos aquíferos Itabiríticos (exemplos de Fechos Principal, captações na serra do Rola Moça e mananciais no trecho Vale do Sol-Água Limpa ao longo da BR-040), e, portanto, sujeitos às intervenções que ocorram neste aquífero.

De maneira geral, as nascentes relacionadas diretamente com as reservas de ferro apresentam algumas características peculiares como volumes expressivos e constantes, pHs ácidos (5 a 6) e de serem pouco mineralizadas, com condutividades elétricas geralmente menores que 10 µS/cm. Valores um pouco acima das condutividades e pHs também podem ocorrer pela presença de fácies carbonáticas nos itabiritos.

## 10.5 Galerias

A denominação foi dada para as ocorrências de água subterrânea que drenam aquíferos por escavações como túneis, minas subterrâneas, galerias de prospecção mineral, de rebaixamento do nível d'água e de captação para abastecimento. Foram construídas com diversos propósitos, diâmetros e extensões em tipos litológicos também distintos.

Foram inventariadas 20 galerias distribuídas por toda a região. Diversas galerias de prospecção mineral identificadas estavam secas e não foram cadastradas, mas constam do cadastro de ocorrências minerais (SILVA *et al.*, 2005).

As galerias de prospecção de ouro são freqüentes em rochas do Supergrupo Nova Lima, na região da bacia do rio das Velhas, e nos conglomerados basais da Formação Moeda, nas regiões da sinclinal da Moeda e da serra do Espinhaço.

Na Formação Moeda existem diversas galerias de prospecção e minas desativadas, geralmente secas por estarem em altos topográficos e acima dos níveis de água. As que interceptam aquíferos são as de Catabranca (ponto 798), Palmital (pontos 1.032, 1.035 e 1.036), e Casa Branca (ponto 189), onde uma extensa galeria de prospecção de urânio está desativada e exibe pequena vazão. Em geral, as vazões são reduzidas, da ordem de alguns poucos m<sup>3</sup>/h (média de 1,3 m<sup>3</sup>/h). A que apresenta o maior volume é a de Catabranca, não foi medido por não ter sido encontrado o exutório em superfície, mas estimou-se um valor de 10 m<sup>3</sup>/h a partir do seu escoamento interno.

As galerias das minas de ouro em rochas do Supergrupo Nova Lima estão atualmente desativadas após longos períodos de exploração, como as Minas do Faria (ponto 815), Bicalho (ponto 826), e Esperança (ponto 819). Estas galerias drenam água de extensas galerias internas que atravessam xistos, filitos e formações ferríferas bandadas com sulfetos



disseminados. A Mina do Faria é a mais extensa e mais antiga (desde 1863), e que drena o maior volume de água, com cerca de 100 m<sup>3</sup>/h. Também apresenta drenagem ácida como consequência da oxidação dos sulfetos (MDGEO, 1999c). A Mina Esperança também apresenta drenagem ácida, mas com vazão de 2,0 m<sup>3</sup>/h.

Outras galerias, possivelmente de prospecção, são encontradas na Formação Cauê na região da Serra do Curral/Taquaril (pontos 725, 727 e 728). Estas escavações atingiram aquíferos Itabiríticos e drenam volumes significativos, de até 180 m<sup>3</sup>/h, aproximadamente (FOTO 8).

O túnel da antiga Ferrovia do Aço, na região do bairro Taquaril, em Belo Horizonte, também corta a Formação Cauê e drena um volume expressivo e de difícil medição, estimado em maior que 50 m<sup>3</sup>/h (FOTO 6).

Outros túneis da Ferrovia do Aço cortam as rochas do Grupo Nova Lima e são pouco produtivos em termos de água subterrânea, ou pelo revestimento de concreto das paredes internas ou por estarem acima dos níveis de água.

Somente uma galeria tem o propósito de rebaixar o nível de água para mineração. Trata-se da galeria na Mina Córrego do Feijão que com cinco drenos horizontais perfurados no fim da escavação produzem um volume de 252 m<sup>3</sup>/h.

Também, uma galeria de extensão desconhecida é utilizada para abastecimento na captação de Fechos, com vazão de 47 m<sup>3</sup>/h (ponto 361).

## 10.6 Surgências em Cavas

A denominação foi dada para o afloramento do nível de água nas cavas de minas ativas ou desativadas. Isto ocorre com aprofundamento da lavra que intercepta o nível piezométrico dos aquíferos.

Foram identificadas cinco surgências em cavas situadas em minas de ferro desativadas, ou temporariamente paralisadas, pois nas ativas, poços tubulares rebaixam o nível continuamente para o avanço da lavra. Exceto na Mina Córrego do Feijão onde um *sink-cut* auxilia no rebaixamento.

São poucas as cavas exauridas que estão em processo de recuperação do nível piezométrico original. As cavas desativadas estão lentamente restabelecendo o nível d'água original pela contribuição de águas pluviais e da restituição dos aquíferos Itabiríticos como na Mina de Águas Claras. Na Mineração Rio Verde, a água de enchimento da cava 02 ainda é utilizada para a mineração. Trata-se de um processo lento em razão das grandes dimensões das cavas (FOTOS 32 e 33) e, segundo Grandchamp (2003), a recuperação do nível piezométrico na Mina de Águas Claras levará cerca de 22 anos.

## 11. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

O arcabouço geológico da APA Sul RMBH compreende rochas de seqüências metassedimentares clásticas e químicas, metavulcânicas, granitos-gnaisses e intrusivas básicas e metabásicas, submetidas à evolução tectônica policíclica em três eventos de deformação (Rio das Velhas, Transamazônico e Brasileiro) distribuídos em cinco episódios, sendo o mais antigo de 2,7 Ga (SILVA *et al.*, 2005).

A geologia intricada proporciona uma hidrogeologia complexa em um ambiente com uma grande diversidade de tipos litológicos (83 litótipos), e seus produtos de intemperismo, e com estruturas tectônicas de dobramentos, fraturamentos e falhamentos transcorrentes e de empurrão. Este ambiente especial criou um mosaico de unidades hidrogeológicas descontínuas, heterogêneas e anisotrópicas, resultando em significativas diferenças nas capacidades de armazenamento e nas características físico-químicas das águas.

A hidrogeologia está representada em mapas (APÊNDICES A, B e C), na escala 1:50.000, denominados Bloco Brumadinho, Bloco Rio Acima e Bloco Acuruí, onde constam as unidades hidrogeológicas, as principais estruturas geológicas e os dados de pontos de água como natureza, uso, vazões relativas e existência de monitoramento e de análises químicas.

O diagnóstico identificou que nas diversas abordagens do tema existem discordâncias conceituais em relação às características hidrogeológicas das unidades litoestratigráficas. Não é raro uma mesma unidade geológica ser tratada como aquífero, aquífero e até aquíclode. O fator escala de trabalho em parte justifica as divergências. Em razão dessas incertezas terminológicas para a hidrogeologia do Quadrilátero Ferrífero é necessário definir os conceitos que nortearam as proposições deste relatório.

Segundo Custódio e Llamas (1983, p.259),  *aquífero*  é “um estrato ou formação geológica que permitindo a circulação de água pelos seus poros ou fraturas faz com que o homem possa aproveitá-la em quantidades economicamente apreciáveis para atender as suas necessidades”. Por outro lado, segundo o mesmo autor,  *aquífero*  é uma formação geológica que contendo apreciáveis quantidades de água a transmite muito lentamente e está pouco apta ao seu aproveitamento, mas que em condições especiais permite a recarga vertical de aquíferos. E ainda,  *aquíclode*  é uma formação geológica que pode conter água no seu interior, inclusive até a saturação, mas não a transmite e, portanto, não é possível a sua exploração.

Outras definições que não consideram o aspecto econômico ou de aproveitamento são encontradas em Feitosa (1997, p.22), onde  *aquífero*  é “uma formação geológica que contém água e permite que quantidades significativas dessa água se movimentem no seu interior

em condições naturais”. *Aqüitardo* é “uma camada ou formação semi-permeável, delimitada no topo e/ou na base por camadas de permeabilidade muito maiores”. E ainda, *aqüicluda* é “uma formação que pode conter água (até mesmo em quantidades significativas), mas é incapaz de transmiti-la em condições naturais.”

Para a estruturação do arcabouço hidrogeológico foi adotada a definição de Rebouças (1994), também empregada por Souza (1995) para o estudo de Disponibilidades Hídricas Subterrâneas no Estado de Minas Gerais, que utilizam a denominação sistema aquífero para um conjunto formado por uma ou mais unidades litoestratigráficas que apresentam condutividade hidráulica, características hidrodinâmicas, condições de recarga, circulação e descarga, e de qualidade das águas relativamente semelhantes. Souza (*op. cit.*), ainda emprega o termo unidade aquífera para caracterizar a ocorrência de um ou dois tipos predominantes e bem definidos de rocha portadora de água, associado a uma unidade geológica específica.

Na região é comum a ocorrência de formações metapelíticas com baixas permeabilidades e de grande importância para a estruturação do arcabouço hidrogeológico. De modo prudente foram consideradas como de comportamento aquítardo, mas que podem, freqüentemente, assumir um comportamento de aquícludas. Por não serem consideradas nas classificações anteriores foi estabelecido o termo unidade hidrogeológica que se presta tanto para os aquíferos, como para os aquítardos e/ou aquícludas.

No QUADRO 3 são encontradas as classes das unidades hidrogeológicas com as adaptações da classificação adotada por Souza (*op. cit.*), e as siglas das unidades geológicas do QUADRO 2, além de uma síntese dos tipos litológicos predominantes, segundo Silva *et al.* (2005). Vale ressaltar que as unidades relacionam-se às seqüências metassedimentares com freqüentes alternâncias de fácies dentro de uma mesma formação, ocasionando extremas variações das propriedades hidrodinâmicas.

As unidades hidrogeológicas foram delimitadas em superfície a partir dos mapeamentos geológicos que caracterizaram e delimitaram os tipos litológicos predominantes. Todavia, a delimitação cartográfica das unidades apresenta algumas incertezas quando comparadas com os perfis litoestratigráficos de poços tubulares. A FIG. 13 ilustra algumas discrepâncias que reforçam a necessidade de levantamentos geológicos pormenorizados para diagnósticos hidrogeológicos de detalhe (pontos 26, 340, 374, 411).

Os sistemas aquíferos apresentam particularidades hidrogeológicas e hidrogeoquímicas próprias. Entretanto, podem estar conectados hidráulicamente por fraturas, condutos de dissolução, ou até por gravidade, como nas formações superficiais, formando sistemas conjugados e apresentando características anômalas como elevadas vazões em unidades não propícias, resíduos secos divergentes da referência (*back ground*), níveis estáticos diferentes dos previsíveis, entre outras.

O comportamento hidrodinâmico dos sistemas aquíferos em profundidade é pouco conhecido, e os esparsos conhecimentos resultam de dados das minerações de ferro com cava profunda, sobretudo da Mina de Águas Claras, em Nova Lima. Para visualizar o possível posicionamento dos sistemas em profundidade, foram inseridas, nos mapas hidrogeológicos (APÊNDICES A, B e C), seções transversais às principais estruturas de dobramento. Observa-se que as unidades geológicas estão fortemente dobradas e é bastante provável a existência de fraturas transversais e longitudinais aos eixos de dobras, proporcionando condições para que os sistemas aquíferos em profundidade estejam conectados em um ambiente de elevada porosidade e permeabilidade. As principais estruturas onde é propícia a existência destes possíveis grandes reservatórios profundos são as sinclinais da Moeda e do Gandarela.

O conhecimento hidrogeológico do Quadrilátero vem evoluindo com novas informações dos estudos em escala de detalhe pelas atividades de prospecção mineral e hidrogeológica. São informações que revelam características geológicas importantes para a estruturação

progressiva do arcabouço hidrogeológico. Algumas feições são pouco freqüentes e outras ainda pouco compreendidas, mas considerando-as como passíveis de ocorrer, podem subsidiar a elaboração e calibração de modelos hidrogeológicos. Dentre as feições mais comuns e importantes pode-se citar:

- variações de fácies em uma mesma formação geológica, acentuando o comportamento hidráulico heterogêneo e anisotrópico;
- dissolução química em rochas dolomíticas da Formação Gandarela formando dolinas, cavernas e/ou condutos localizados de água subterrânea;
- dissolução química dos carbonatos, sílica e silicatos dos itabiritos da Formação Cauê proporcionando corpos de textura granular de elevada porosidade;
- estruturas de subsidência e colapso preenchidas com argila, conglomerados e matacões sobre itabiritos friáveis da Formação Cauê;
- compartimentação hidrogeológica dos aquíferos, principalmente os do Grupo Itabira (Formações Cauê e Gandarela) por diques de rochas básicas;
- imprevisibilidade do comportamento hidrodinâmico lateral e em profundidade dos corpos intrusivos, que podem ser descontínuos, irregulares, fraturados e estarem profundamente intemperizados;
- presença comum de colúvios de canga nas encostas da Formação Cauê, sobre formações pouco permeáveis (granito-gnaisses e xistos), constituindo expressivos aquíferos suspensos;
- espessas e freqüentes coberturas lateríticas (canga e colúvios de canga), formando importantes aquíferos suspensos e áreas de recarga aos aquíferos subjacentes;

Também vale destacar que os progressivos estudos da tectônica cenozóica, que ocasionou a reativação de estruturas pré-existentes e o conseqüente delineamento do atual relevo e da rede hidrográfica (MEDINA *et al.*, 2005), poderão contribuir em muito para o conhecimento hidrogeológico da área e para aperfeiçoar os modelos hidrogeológicos.

### 11.1 Sistema Aquífero Granito-Gnáissico

Está presente nas rochas que formam a base das seqüências metassedimentares do Quadrilátero Ferrífero. Vem assumindo uma relativa importância pela crescente ocupação antrópica sobre seus domínios (FOTO 28), e o conseqüente aumento da demanda de água para abastecimento doméstico.

Está distribuído pela região sudoeste nas localidades de Marques, Casa Branca e Córrego do Feijão, e centro-sul nas imediações da represa Rio de Pedras e da sede de Itabirito. Também ocorre em pequenas porções, dentro dos limites do projeto, no flanco norte da serra dos Três irmãos e a nordeste da serra do Caraça. Predomina em áreas de relevo com cotas altimétricas entre 800 e 1.100 metros.

O arcabouço litológico é constituído de granitos, gnaisses, migmatitos, granitóides e rochas básicas e metabásicas intrusivas, pertencentes aos Complexos Bonfim, Bação, Belo Horizonte e Santa Bárbara, sendo os dois primeiros mais expressivos em área de ocorrência. Também foram considerados como de comportamento hidrogeológico próximo os serpentinitos e metagabros do Complexo Córrego dos Boiadeiros, que é definido como um *sill* máfico-ultramáfico (SILVA *et al.*, 2005).



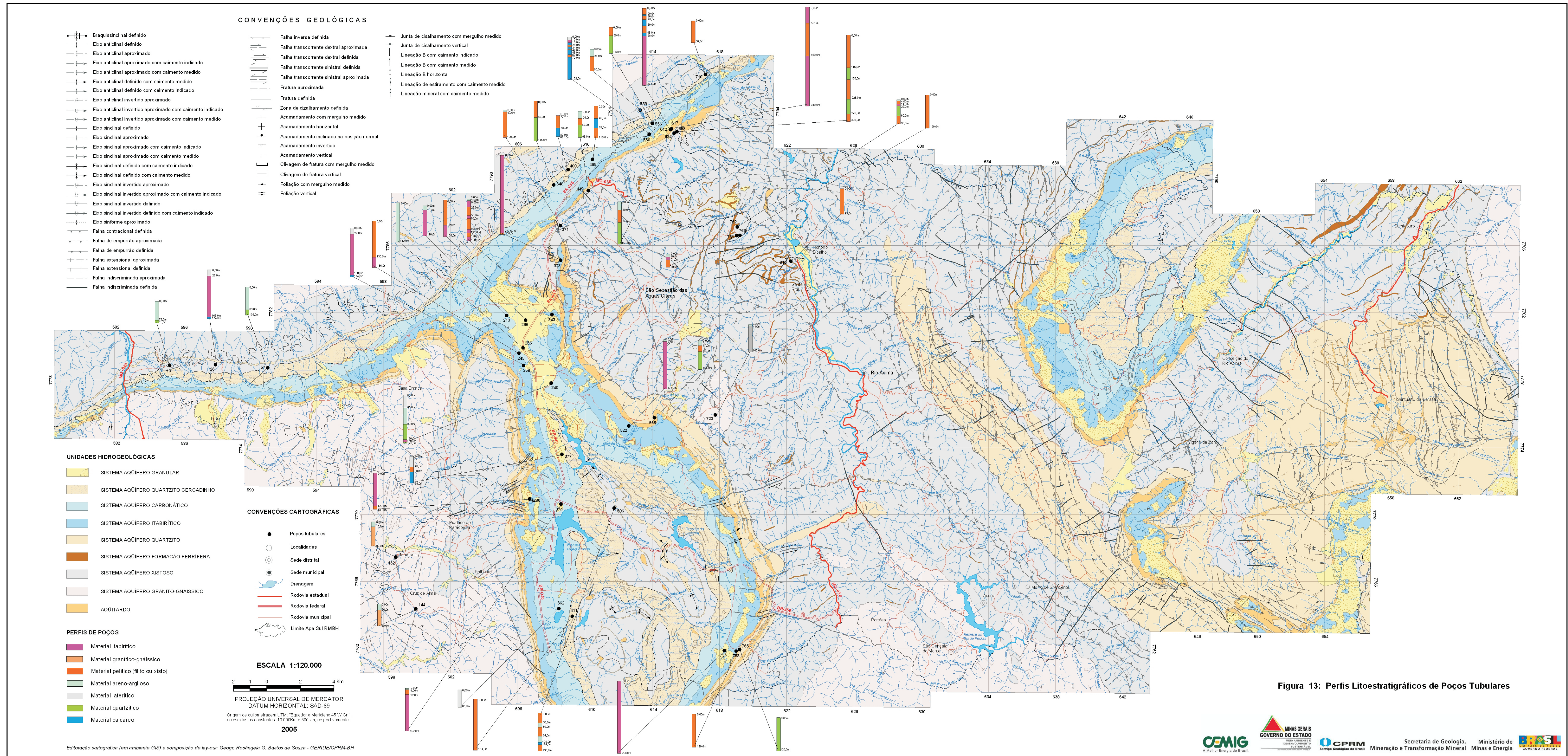


Figura 13: Perfis Litoestratigráficos de Poços Tubulares



QUADRO 3 - Classificação dos aquíferos

Unidade Hidrogeológica	Sistema Aquífero	Sigla	Litologia
Sistema aquífero	Granular	Qal	Areia, argila e cascalho
		NQal	Argila e grãos de quartzo, hematita e limonita
		NQbx	Bauxita
		NQcg	Cascalhos
		NQel	Fragmentos de itabirito misturados com solo ferruginoso
		NQco	Matacões, calhaus e seixos de hematita em solo aluvial
		Endl	Solo laterítico, material areno-argiloso, concreções ferruginosas e fragmentos de quartzo
		ENcf	Óxidos de ferro supergênicos e fraturas e falhas com concreções ferruginosas
		ENec	Canga
	Quartzítico	PP2it	Filito e conglomerado
		PP1mpt	Quartzito
		PP1mc	Quartzito, filito xistoso e conglomerado
		PP1mcm	Quartzito, grit, conglomerado e filito
		PP1mcm1	Quartzito
		PP1mcm3	Quartzito
		A4rmce	Quartzito fino e filito
		A4rmcc	Xisto fino e quartzito sericítico fino
		A4rmcj	Quartzito, micaxisto, xisto microconglomerático e metaconglomerado polimíctico
		A4rmcdc	Metaconglomerado e quartzito fino
		A4rmcdv	Quartzito, xisto e metaconglomerado polimíctico
		A4rmpa	Quartzito, quartzito microconglomerático e metaconglomerado polimíctico
		qf	Quartzito ferruginoso
		cg	Conglomerado
		qt	Quartzito
		msg	Quartzito, filito e grauvaca granitizados
		mch	Metachert
	qz	Quartzito	
Quartzito Cercadinho	PP1mpc	Quartzito, filito, filito grafitoso, xisto e talco xisto	
Itabirítico	PP1mi	Itabirito	
	PP1mic	Itabirito, filito e dolomito	
	it	Itabirito dolomítico	
	h	Hematita compacta e friável de alto teor	
	itd	Itabirito ocráceo e rocha dolomítica meteorizada	
Carbonático	PP1mig	Dolomito, calcário, itabirito e filito	
	cd	Dolomito e calcário dolomítico	
	mm	Mármore	
	mn	Zonas manganíferas	

QUADRO 3 - Classificação dos aquíferos (continuação)

Unidade Hidrogeológica	Sistema Aquífero	Sigla	Litologia	
Sistema aquífero	Xistoso	PP2ms	Filito e xisto metavulcânicos, metagrauvaca e quartzito	
		PP1mpf	Filito, dolomito, quartzito e formação ferrífera	
		A4rmprp	Xisto, quartzito micáceo e xisto grafitoso	
		A34rn	Xisto metassedimentar, xisto metavulcânico e filito	
		A4rnsc	Xisto	
		A4rnm	Micaxisto e xisto	
		A4rnpo	Micaxisto e xisto	
		A4rnpcp	Xisto e micaxisto	
		A4rnfv	Xisto e micaxisto	
		A4rnmc	Xisto e rocha calcissilicática	
		A3rnm	Xisto	
		A3rnsq	Xisto	
		A3rnmv	Xistos metavulcânicos, metavulcanoclásticos e metassedimentares	
		A3rnof	Xistos metavulcânicos. Localmente metabasalto e serpentinito.	
		A3cbet	Esteatito	
		A3rqo	Talco xisto, serpentinito, dunito, peridotito e lavas komatiíticas	
		tr	Tremolítico	
		ls	"Lapa seca"	
		tx	Talco xisto	
		fu	Fucsita xisto	
		sq	Sericita-quartzito xisto	
		msc	Xisto clorítico	
		mst	Xisto estaurolítico	
		tut	Turmalinito	
		mub	Serpentinito, serpentinito talcificado, clorita-talco xisto anfíbolítico, clorita-talco xisto	
		Formação Ferrífera	fp	Formação ferrífera e metapelitos
			ff	Formação ferrífera
Granítico-Gnáissico	A3cbsp	Serpentinito		
	A3cbmg	Metagabro		
	A3sb	Gnaisses, migmatitos e granitos metassomáticos		
	A3bf	Rocha granítica gnaissificada		
	ae	Migmatitos		
	A3bh	Granito e gnaisse granítico		
	nv	Novaculito		
	A3b	Migmatitos e gnaisses		
Aquífero (Localmente Aquícludes)	NQag	Argila		
	NQms	Mudstone		
	ENI	Argilito, arenito e linhito		
	PP1mpb	Filito e filito grafitoso		
	PP1mcb	Filito		
	PP1mcm2	Filito		
	fi	Filito		
	xg	Xisto grafitoso		
	db	Gabro e diabásio		
	dbp	Gabro e diabásio porfiríticos		

A rocha sã, geralmente, encontra-se recoberta por um espesso manto de intemperismo que pode atingir algumas dezenas de metros (40 metros nos pontos 168 e 199). Beato *et al.* (2001), cita espessuras da ordem de 120 metros nas rochas granito-gnáissicas do Complexo Belo Horizonte, na região de Contagem. O material resulta da meteorização dos granitos-gnaisses, onde predomina a fração argilosa sobre a arenosa. Localmente está recoberto por colúvios de canga de espessuras diversas, principalmente nas proximidades das encostas das serras da Moeda e Três Irmãos, e por sedimentos aluvionares pouco espessos ao longo dos cursos d'água mais caudalosos.

Formam aquíferos descontínuos, do tipo fraturado, ou fissural, em fraturas, diáclases, juntas e falhas conectadas hidráulicamente com as formações superficiais de intemperismo ou de sedimentos alúvio-coluvionares. São aquíferos livres a semiconfinados pelas formações superficiais, heterogêneos e anisotrópicos. A porosidade e a permeabilidade são secundárias, resultantes dos esforços tectônicos e dos processos de meteorização.

Os níveis piezométricos em geral são rasos, com profundidade mediana de 4,23 metros em 22 pontos (poços tubulares, escavados e de observação). Os níveis rasos são consequência do relevo levemente ondulado com as captações propositadamente posicionadas nas vertentes ou baixos topográficos, onde os níveis de água estão próximos da superfície.

A recarga principal é pela infiltração de águas pluviais nos horizontes intemperizados de constituição argilo-arenosa, conectados às fraturas da rocha sã. Quando recoberto por sedimentos coluvionares de canga, de porosidade elevada, a recarga pode ser mais eficiente. Também pode receber aportes de águas superficiais dos cursos d'água. A infiltração é otimizada pela elevada precipitação, relevo pouco acidentado e ocupação arbórea com o emaranhado radicular.

A circulação de água subterrânea ocorre nas fraturas da rocha sã e o fluxo tende aos baixos topográficos, onde se encontram os cursos d'água perenes que drenam o sistema. Os principais são os ribeirões Ferro-Carvão, Casa Branca, Piedade e Três Barras, na porção oeste, e os rios Itabirito e das Velhas, na porção centro sul.

Os exutórios naturais são nascentes pontuais ou difusas ao longo dos vales, apresentando vazões bastante variáveis. Quando recoberto por colúvios de canga, as vazões específicas são anômalas e relacionadas com os aquíferos granulares suspensos (pontos 105, 117, 124 e 159). A mediana das vazões medidas nas nascentes é de 1,5 m<sup>3</sup>/h (41 pontos), com a máxima de 8,5 m<sup>3</sup>/h (TAB. 6). Diversas nascentes estão ameaçadas pelo desmatamento, principalmente das matas ciliares, resultando na diminuição da infiltração e no rebaixamento dos níveis freáticos, comprometendo as vazões.

A capacidade de armazenamento é limitada e restrita às zonas de fraturamento, de onde é aproveitada por poços escavados e poços tubulares profundos com mediana de 78 metros (24 pontos). Todavia, o espesso manto de intemperismo argilo-arenoso favorece bastante o armazenamento, sendo freqüente o uso de filtros no revestimento para captar as águas da rocha alterada. Quando as fraturas são produtivas podem proporcionar captações com vazões da ordem de algumas dezenas de m<sup>3</sup>/h para poços locados e construídos criteriosamente. Os poucos dados de testes de produção (sete) indicaram capacidade específica mediana de 0,25 m<sup>3</sup>/h por metro de rebaixamento (TAB. 5). Beato *et al.* (2001), cita transmissividades entre 0,74 e 35,74 m<sup>2</sup>/dia e permeabilidades entre 1,75x10<sup>-2</sup> e 8,9x10<sup>-1</sup> m/dia (espessura saturada média de 40 metros), em rochas do Complexo Belo Horizonte, na região da bacia da Pampulha, em Belo Horizonte.



## 11.2 Sistema Aquífero Xistoso

Ocupa a maior área e volume das unidades hidrogeológicas e é pouco abordado nos estudos hidrogeológicos existentes. Geralmente é considerado como aquífero ou aquíclode, provavelmente devido à litofácies predominante ser pouco permeável.

Prevalecem metapelitos e xistos intercalados por freqüentes níveis quartzosos que exibem uma porosidade efetiva resultante dos esforços tectônicos a que foram submetidos. Este comportamento não é homogêneo nem contínuo, no entanto é bastante comum, pois é a unidade hidrogeológica com o maior número de poços tubulares produtivos e é inexpressiva a quantidade de poços totalmente secos.

Predomina nas bacias do rio das Velhas e rio Conceição, sopé da serra da Moeda e flanco norte do trecho serra do Curral-Três Irmãos. As cotas altimétricas variam entre 800 e 1.300 metros, sendo as mais elevadas nas cabeceiras do rio Conceição onde predomina o intervalo 1.000-1.200 metros. Forma um espesso pacote, acima de 4.000 metros nas rochas do Grupo Nova Lima que encontra-se bastante intemperizado, frequentemente com dezenas de metros, segundo perfis de poços tubulares (102 m. ponto 460).

É formado em rochas metassedimentares e metavulcanossedimentares do tipo *greenstone belt*. Dentre a diversidade litológica existente os principais tipos são: filitos, filitos grafitosos, xistos, xistos metavulcânicos, mica xistos carbonáticos, talco xisto, esteatito, serpentinito e níveis de quartzitos, formações ferríferas bandadas do tipo Algoma e metacherts. São litologias dos Grupos Quebra Osso, Nova Lima (unidades Ouro Fino, Morro Vermelho, Santa Quitéria, Mestre Caetano, Catarina Mendes, Fazenda Velha, Córrego da Paina, Pau d'Óleo, Mindá e Córrego do Sítio) e Maquiné (unidade Rio de Pedras da Formação Palmital), pertencentes ao Supergrupo Rio das Velhas. Também inclui os litótipos dos Grupos Sabará e Piracicaba (Formação Fecho do Funil), pertencentes ao Supergrupo Minas.

As unidades Ouro Fino, Morro Vermelho e Santa Quitéria, do Grupo Nova Lima, apresentam níveis intraformacionais de formações ferríferas bandadas de até 100 metros de espessura que formam um sistema aquífero individualizado (item 11.3).

Nas encostas do trecho serra do Curral-Três Irmãos e bordas das estruturas sinclinais da Moeda e Gandarela, principalmente nas cabeceiras dos vales próximos, são encontradas espessas camadas de sedimentos coluvionares de canga, formando importantes aquíferos suspensos (item 11.8) e responsáveis por importantes captações de abastecimento público (Barreiro e Mutuca).

Os aquíferos são descontínuos, do tipo fissural em fraturas, diáclases, juntas e falhas, livres a confinados pelos níveis de metapelitos e xistos de baixa permeabilidade, fortemente anisotrópicos e heterogêneos. A porosidade e a permeabilidade são secundárias e resultantes dos esforços tectônicos.

Os níveis piezométricos geralmente são rasos, mediana de 12,7 metros em 73 pontos (poços tubulares, escavados e de observação). Em parte, os níveis rasos são consequência da estruturação morfológica desta unidade que ocupa as áreas deprimidas de relevo, cercadas por elevações, e que sustenta os níveis de base do escoamento subterrâneo regional: rios Paraopeba, das Velhas e Conceição.

A recarga principal é pela infiltração de águas pluviais nos horizontes silto-arenosos resultantes do intemperismo e conectados às fraturas dos níveis quartzosos. Também pode ocorrer a infiltração de águas fluviais em trechos de cursos d'água onde os níveis quartzosos são interceptados pela drenagem. Aquíferos granulares com função de recarga são pouco expressivos neste sistema. Localmente pode receber aportes de água dos sistemas aquíferos Quartzítico e Formação Ferrífera com os quais está em contato gradacional.

A circulação de água subterrânea ocorre segundo as principais direções de fraturamento e, também, nas direções dos acamamentos dos níveis quartzosos confinados por estratos pouco permeáveis. O fluxo tende aos baixos topográficos, onde se encontram os cursos d'água perenes que drenam o sistema.

Os exutórios naturais são nascentes pontuais ou difusas ao longo dos vales, com vazões da ordem de alguns  $\text{m}^3/\text{h}$ , que, localmente, podem ser aumentadas por aquíferos suspensos em sedimentos coluvionares (item 11.8). A mediana das vazões medidas nas nascentes é de  $1,1 \text{ m}^3/\text{h}$  (126 pontos), com a máxima de  $150,5 \text{ m}^3/\text{h}$  (TAB. 6).

Condições estruturais especiais proporcionaram uma nascente com descarga expressiva e anômala (ponto 18), com vazão de  $150 \text{ m}^3/\text{h}$ , que atualmente está sendo engarrafada como água mineral. Datação realizada pelo conteúdo de trítio indicou um tempo de trânsito de 240 a 300 anos para estas águas (ÁGUA, 2001b).

A capacidade de armazenamento é bastante variável, em geral baixa, mas suficiente para permitir a exploração por captações subterrâneas como galerias e poços tubulares com profundidade mediana de 82 metros, que atendem pequenas demandas como abastecimento doméstico. A produtividade está diretamente relacionada com a presença dos níveis quartzosos fraturados com condições de recarga. A capacidade específica mediana dos poços tubulares é de  $0,13 \text{ m}^3/\text{h}$  por metro de rebaixamento (19 pontos), podendo atingir  $1,17 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  (TAB. 5).

Uma restrição peculiar e importante de aproveitamento destes aquíferos é que algumas rochas podem conter sulfetos disseminados, que sob condições oxidantes de rebaixamento dos níveis de água se tornam propensos a serem solubilizados, causando a contaminação das águas por metais tóxicos (item 11.3 e Parte C - Hidroquímica de Águas Subterrâneas).

### **11.3 Sistema Aquífero Formação Ferrífera**

São aquíferos de ocorrência limitada que têm um comportamento hidrodinâmico próximo do sistema aquífero Quartzítico, porém com particularidades hidrogeoquímicas importantes a ponto de comprometer a qualidade das águas pelo processo de drenagem ácida pelo rebaixamento dos níveis de água.

Estão distribuídos como níveis interestratificados nas rochas do Grupo Nova Lima com espessuras de até 100 metros, apresentando variações faciológicas verticais e horizontais. São mais freqüentes na porção centro norte, na bacia do rio das Velhas, e região oriental, no vale do rio Conceição. Ocorrem nos intervalos altimétricos entre 800 e 1.100 metros.

São constituídos de metassedimentos químicos de formações ferríferas bandadas do tipo Algoma, com quartzo recristalizado e micro e meso bandas de magnetita e sulfetos (pirita, arseno-piririta, pirrotita, e eventualmente galena, calcopirita e esfalerita). Metacherts ocorrem de forma subordinada juntamente com os carbonatos siderita e ankerita (RAPOSO, 1996 e JUNQUEIRA, 1997). São mais freqüentes nas unidades Ouro Fino, Morro Vermelho e Santa Quitéria do Grupo Nova Lima.

Formam aquíferos descontínuos, do tipo fraturado, ou fissural, em fraturas, diáclases, juntas e falhas. São anisotrópicos, heterogêneos e livres a confinados por níveis de metapelitos e xistos pouco permeáveis. A porosidade e a permeabilidade são secundárias, resultantes dos esforços tectônicos e parcialmente dos processos de dissolução nos níveis carbonáticos.

A lixiviação da sílica e do carbonato é pouco desenvolvida quando comparada com os processos de intemperismo que atuaram nas formações ferríferas da Formação Cauê, onde proporcionaram uma porosidade elevada. Diferenças litológicas podem explicar parcialmente o baixo grau de desenvolvimento, mas acredita-se que a evolução estrutural atuou de forma diferenciada e determinante, onde eventos tectônicos cenozóicos localizados de reativação de falhas e fraturas possam ter criado condições de porosidade

mais favoráveis para os processos de lixiviação nos itabiritos da Formação Cauê, além de condições de gradiente hidráulico para a circulação das soluções.

São poucos os dados hidrodinâmicos deste sistema, somente dois poços tubulares e três galerias de minas de ouro desativadas que cortam as formações ferríferas, onde são encontrados corpos sulfetados auríferos. Os poços são jorrantes com capacidades específicas de até 2,80 m<sup>3</sup>/h/m (TAB. 5). As galerias apresentam baixas vazões, exceto a Mina do Faria com extensas galerias que drenam um volume de 100 m<sup>3</sup>/h (MDGEO, 1999c).

A recarga se processa pela infiltração de águas pluviais nos horizontes superficiais meteorizados conectados às fraturas. Também, recebe importantes aportes de água dos sistemas aquíferos Xistoso e Quartzítico encaixantes e de cursos d'água que cortam as formações ferríferas.

O fluxo subterrâneo processa-se segundo as direções das principais estruturas de fraturamento e de acamamento. Ressalta-se que as estruturas de acamamento estão intensamente deformadas sem apresentar direções preferenciais.

A descarga natural se dá por nascentes de pequena vazão, situadas nos vales que cortam os metassedimentos ou como recarga dos sistemas aquíferos Xistoso e Quartzítico, com os quais está em contato.

Apesar dos poucos dados hidrodinâmicos e da sua restrita área de ocorrência, o potencial demonstrado pelos poços tubulares e a elevada densidade de fraturamento em afloramentos sugere uma boa capacidade de armazenamento. O comportamento rúptil da formação, submetida às diversas fases de deformação, proporcionou porosidade e permeabilidade suficientemente favoráveis para o armazenamento de água. MDGEO (*op. cit.*) cita capacidades específicas entre 1 e 3 m<sup>3</sup>/h/m em poços do município de Nova Lima.

Entretanto, o seu potencial fica condicionado a regimes de exploração controlada pelas alterações de qualidade que podem ocorrer. A percolação de água nos níveis sulfetados, freqüentemente disseminados nas formações ferríferas, que sob condições físico-químicas instáveis podem solubilizar metais tóxicos como arsênio, cádmio, chumbo, cobre, níquel e zinco, como evidenciado na drenagem ácida das minas de ouro do Faria (MDGEO, *op. cit.*) e Esperança, (pontos 815 e 819, respectivamente, FOTOS 9, 10, 24 e 25). Também foi detectada a presença elevada de ferro, manganês, sulfato e traços de arsênio em poços tubulares de abastecimento público (pontos 762 e 766).

O processo de drenagem ácida é comum em rochas contendo sulfetos e ocorre pela exposição dos minerais sulfetados, formados em condições redutoras, à condições oxidantes. Águas subterrâneas são pobres em oxigênio livre ou dissolvido e, portanto, quando o meio está saturado as condições são estáveis. Quando ocorre o rebaixamento do nível de água a zona não saturada se torna rica em oxigênio atmosférico, desestabilizando as condições físico-químicas primárias, oxidando os sulfetos e solubilizando os metais associados. Este é um processo físico-químico extensamente estudado e será tratado no volume Hidroquímica das Águas Subterrâneas.

Sendo assim, o risco de contaminação pela exploração excessiva de poços tubulares ou por galerias é real e deverá ser considerado quando for definido o tipo de captação e o regime de exploração.

#### **11.4 Sistema Aquífero Quartzítico**

Está presente nas rochas metassedimentares onde predominam quartzitos, ainda que contenham níveis interestratificados de filito, xisto ou dolomitos. São unidades geológicas de diferentes idades e posições estratigráficas com grandes variações faciológicas que acarretam alterações significativas nas propriedades hidrodinâmicas, mas que para a escala de trabalho e a partir dos dados disponíveis as separações são inexequíveis.

Ocorre de forma descontínua em corpos lineares com espessuras de até 1.000 metros, e em pequenas lentes ou corpos individualizados truncados por falhas. São rochas resistentes ao intemperismo que configuram o relevo mais elevado da região com cotas altimétricas entre 800 e 2.070 metros, geralmente acima de 1.000 metros. As maiores ocorrências estão na região do Caraça, na Sinclinal da Moeda e na região da serra do Espinhaço, divisor de águas das bacias do rio das Velhas e rio Piracicaba.

A litologia é constituída de quartzitos, quartzitos ferruginosos, quartzitos sericíticos, metaconglomerados, metacherts e metagrauvacas, interestratificados, ou não, por filitos, filitos xistosos, xistos e dolomitos. São litologias dos Grupos Itacolomi e Maquiné (Formações Casa Forte e Palmital), do Supergrupo Rio das Velhas, e Grupos Caraça (Formação Moeda) e Piracicaba (Formação Taboões), pertencentes ao Supergrupo Minas. Geralmente são rochas maciças, mas podem ser friáveis como localmente ocorre na Formação Taboões. Nos platôs e base de encostas, podem estar recobertos por sedimentos alúvio-coluvionares e de tálus.

Os aquíferos são descontínuos, do tipo fraturado, ou fissural, em fraturas, diáclases, juntas e falhas, livres a confinados pelos metapelitos e xistos interestratificados de baixa permeabilidade, anisotrópicos e heterogêneos. A porosidade e permeabilidade são secundárias, resultantes dos esforços tectônicos.

Os níveis piezométricos medidos apresentaram a mediana de 19,4 metros em 16 pontos (poços tubulares, escavados e de observação). A profundidade maior dos níveis em relação aos outros aquíferos é consequência da estruturação morfolitológica, que por apresentar rochas mais resistentes ao intemperismo constitui o relevo elevado da região, com escarpas abruptas e superfícies piezométricas geralmente na base das encostas dos quartzitos.

A recarga principal é pela infiltração de águas pluviais nos horizontes silte-arenosos, produtos da meteorização das rochas, conectadas aos fraturamentos das rochas sãs. Sedimentos alúvio-coluvionares são comuns e também contribuem para a recarga profunda, podendo haver ainda aportes dos cursos d'água que cortam os quartzitos fraturados. Entretanto, a morfologia acidentada não favorece a infiltração, mas o escoamento superficial das águas pluviais.

A circulação de água subterrânea ocorre segundo as principais direções de fraturamento e, também, ao longo das camadas confinadas por estratos pouco permeáveis. O fluxo tende aos baixos topográficos, onde se encontram os cursos d'água perenes que drenam o sistema.

Os exutórios naturais são nascentes de contato com os estratos pouco permeáveis dos metapelitos e xistos, ao longo dos vales. As vazões são menores que 5 m<sup>3</sup>/h em 84 % dos pontos medidos e ≤3,0 m<sup>3</sup>/h em 73 % (45 pontos). A mediana das vazões é de 1,93 m<sup>3</sup>/h (TAB. 6). Localmente as vazões são aumentadas pelas restituições de aquíferos suspensos, formados de material alúvio-coluvionar e de tálus, bastante influenciadas pela presença de matas ciliares. O desmatamento da vegetação ciliar pode comprometer as vazões pelo rebaixamento dos níveis de água ocasionado pela diminuição da infiltração das águas pluviais e erosão das cabeceiras que aprofunda o leito das drenagens.

Os poucos dados hidrodinâmicos indicam que o potencial é explotável através de poços tubulares profundos, com mediana de 120 metros e vazões da ordem de algumas dezenas de m<sup>3</sup>/h, para poços locados e construídos criteriosamente. A capacidade específica mediana dos poços tubulares é de 0,62 m<sup>3</sup>/h por metro de rebaixamento e máxima de 5,21 m<sup>3</sup>/h/m (TAB. 5). Devido aos freqüentes fortes mergulhos das camadas e intercalações de materiais de competência distintas a perfuração de poços pode ser dificultada, o que exige o emprego de técnicas e equipamentos adequados (SILVA *et al.*, 1995).

Silva *et al.* (1994) citam que os quartzitos da Formação Moeda nas proximidades da Mina de Águas Claras têm transmissividade mínima de 50 m<sup>2</sup>/dia. Bertachini (1994) descreve, para a

mesma região, que o “sistema aquífero fraturado Moeda” comporta-se como confinado e em áreas intensamente fraturadas pode apresentar valores de transmissividade da ordem de 600 m<sup>2</sup>/dia e porosidade eficaz de 5%. Estas informações são importantes, pois caracteriza o sistema aquífero da Formação Moeda como tendo potencialidade variável, de acordo com o local.

### 11.5 Sistema Aquífero Itabirítico

Sem dúvida é o principal sistema aquífero da APA Sul RMBH e do Quadrilátero Ferrífero. O elevado potencial proporciona uma fonte segura de abastecimento, como evidenciado pelos diversos mananciais e poços tubulares que por longos períodos vêm abastecendo várias comunidades da RMBH.

Trata-se de um sistema bastante complexo e controverso pelas particularidades geológicas que vêm sendo progressivamente identificadas e quantificadas nos últimos anos com os estudos hidrogeológicos nas cavas das minas de ferro.

Os aquíferos são encontrados nas regiões da serra do Curral até serra dos Três Irmãos e nas Sinclinais Gandarela, da Moeda e Ouro Fino, esta última na região de Capanema. O arcabouço litológico constitui parte do relevo elevado da área, nas cotas altimétricas entre 1.200 e 1.586 metros (pico do Itabirito), devido aos corpos de itabiritos silicosos compactos serem resistentes ao intemperismo e, também às espessas camadas de canga que parcialmente o recobre, proporcionando escarpas fortemente íngremes.

A espessura é muito variável podendo atingir 1.000 metros em outras áreas do Quadrilátero, sendo a espessura média de 250 m (DORR *et al.*, 1959<sup>7</sup>; *apud* SILVA *et al.*, 2005). A espessura média saturada no Quadrilátero foi considerada por Silva *et al.* (1994) como sendo de 400 metros.

As rochas predominantes são Formações Ferríferas Bandadas (FFB), fácies óxidos, do tipo Lago Superior. As FFBs são constituídas de itabiritos dolomíticos e silicosos, e corpos de hematita compacta e friável. São formadas de mesobandas de hematita e quartzo recristalizado, dolomita e, localmente, dolomita ferrosa ou ankerita (RAPOSO, 1996). As litologias estão recobertas por material laterítico, cangas e colúvios de canga, e podem estar alteradas em até 500 metros como na Mina do Tamanduá, sendo que regionalmente o manto de intemperismo situa-se entre 50 e 100 metros (RIBEIRO, 2003). É formado, principalmente, nas rochas da Formação Cauê do Grupo Itabira, pertencente ao Supergrupo Minas.

Juntamente com os dolomitos da Formação Gandarela, estratigraficamente sobreposta, forma uma seqüência metassedimentar química com a qual apresenta contato transicional que pode atingir centenas de metros. Sendo assim, também pode ocorrer como lentes ou níveis dentro da Formação Gandarela (SILVA *et al.*, 2005). Encontra-se limitado na base, por contato gradacional, pelos filitos muito pouco permeáveis da Formação Batatal. Na estrutura homoclinal da serra do Curral – serra dos Três Irmãos, a seqüência estratigráfica está invertida com dolomitos na base e filitos no topo.

Formam aquíferos do tipo fraturado e/ou granular, fortemente anisotrópicos e heterogêneos, condicionados pelo fraturamento e dissolução química do carbonato e quartzo que proporcionam permeabilidades e porosidades secundárias. Segundo MDGEO (2001), na Mina de Águas Claras, foram encontrados em laboratório valores de porosidade total das hematitas friáveis da ordem de 50% e em ensaios de campo, a porosidade eficaz de 10 a 15%.

<sup>7</sup> DORR II, J. Van N.; HERZ, N.; BARBOSA, A. L. M.; SIMMONS, G. C. *Esboço geológico do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais, Brasil*. Rio de Janeiro, DNPM, 1959, 120p. (DFPM, Publicação Especial, 1).

São aquíferos livres a confinados pela estruturação geológico-estratigráfica. A conformação estratigráfica e os eventos tectônicos de dobramentos, falhamentos transcorrentes e de empurrão, proporcionaram condições de confinamento, como atestado pela existência de poços jorrantes em outras localidades do Quadrilátero Ferrífero (SILVA *et al.*, 1994).

A profundidade dos níveis piezométricos pode variar de surgência a 190 metros, com mediana de 49 metros em 131 pontos (poços tubulares, escavados e de observação). A relativa profundidade é devido à morfologia acidentada do terreno e aos rebaixamentos causados pelas atividades de mineração. As compartimentações dos aquíferos também proporcionam grandes diferenças de níveis em pontos de observação próximos, principalmente quando existe o rebaixamento nas minas de ferro (p.ex. pontos 397 e 398, 467A e B).

A recarga se dá pela infiltração de águas pluviais diretamente sobre os espessos horizontes intemperizados, sendo mais eficiente quando recoberto por coberturas lateríticas de elevada porosidade. Localmente, a depender da estruturação tectônica e do grau de carstificação, pode receber aportes do sistema aquífero Carbonático da Formação Gandarela, estratigraficamente sobreposto.

Os fluxos subterrâneos têm direções preferenciais segundo as principais direções de fratura, planos de estratificação e ao longo dos contatos com as barreiras impermeáveis como diques e base confinante. Nas zonas de contato com os diques são freqüentemente encontrados corpos de hematitas friáveis com porosidade granular. Datações realizadas pelo conteúdo Trítio em águas na Mina Córrego do Feijão indicaram tempos de trânsito de 150 a >400 anos (ÁGUA, 2001b).

A descarga natural ocorre de forma pontual ou através de um conjunto de nascentes próximas, constituindo zonas de afloramento que não chegam a formar brejos ou lagoas efluentes pelo relevo acidentado. Os exutórios naturais de maior expressão ocorrem como nascentes no contato com rochas pouco permeáveis, geralmente os filitos da Formação Batatal (FIG. 12). A mediana das vazões medidas em nascentes, inclusive nas relacionadas com o manto de intemperismo, é de 16,6 m<sup>3</sup>/h (35 pontos), podendo atingir valores da ordem de 500 m<sup>3</sup>/h como no ponto 136, na serra do Rola Moça (TAB. 6).

Existem importantes mananciais com elevadas vazões (TAB. 7), como as encontradas na região da Mina Córrego do Feijão (pontos 65 e 67), Mina Jangada (ponto 115), serra do Rola Moça (pontos 136, 154 e 175 – FOTO 23), Catarina (pontos 204 e 210), Palhano (249, 250 e 285; FOTOS 12 e 13), Mutuca (ponto 353), Fechos (pontos 366, 384 e 420), Morro do Chapéu (ponto 513), Miguelão (ponto 300 e 333), rio do Peixe (ponto 690 – FOTO 36), Águas Claras (ponto 727), Trovões (ponto 741), Mina do Pico (ponto 790) e Gandarela (pontos 1.042 e 1.054). A maioria ocorre na zona de contato com a base impermeável dos filitos da Formação Batatal, e outros podem aflorar em unidades geológicas próximas, conectados por condutos estruturais, ou de dissolução, como ocorrem nas surgências de Taboões (ponto 136), Rola Moça (ponto 154), Bálsamo (ponto 175).

A capacidade de armazenamento neste sistema é variável e pode ser muito elevada, como se observa nas expressivas e regulares vazões de diversos mananciais e na capacidade específica dos poços tubulares com mediana de 1,63 m<sup>3</sup>/h por metro de rebaixamento, podendo atingir valores de até 19,23 m<sup>3</sup>/h/m (TAB. 5). Também é notável a ausência de poços tubulares totalmente secos. As captações podem ser por poços tubulares com profundidade mediana de 150 metros e totalmente revestidos devido às frequentes intercalações de itabiritos compactos e friáveis, ou por nascentes que, geralmente, têm captada toda a vazão. Vale ressaltar o pH ácido das águas deste sistema que podem ocasionar a corrosão de revestimentos de aço, comprometendo a vida útil das captações.

Os parâmetros hidrodinâmicos do sistema aquífero Itabirítico são conhecidos, principalmente, devido às atividades das mineradoras que necessitam rebaixar o nível

d'água nas minas para a continuidade do processo de extração do minério. Segundo Silva *et al.* (1994), os dados disponíveis referem-se em sua maioria às formações ferríferas. Estes autores relatam valores discrepantes para as transmissividades, variando entre 50 m<sup>2</sup>/dia e 1.500 m<sup>2</sup>/dia, e coeficientes de armazenamento que refletem a presença de aquíferos livres, com valores de até 0,15 e de aquíferos confinados, com um mínimo de 10<sup>-6</sup>. Os dados estão relacionados na TAB. 8, a partir de ensaios de bombeamento em poços tubulares profundos perfurados em diversas minas no Quadrilátero Ferrífero. A interpretação de dados de 29 testes de rebaixamento fornecidos por várias mineradoras revelam igualmente, grandes divergências nos valores de transmissividade, desde 2 m<sup>2</sup>/dia a 2529 m<sup>2</sup>/dia (APÊNDICE F).

TABELA 8 - Valores de transmissividade e coeficientes de armazenamento em minerações no Quadrilátero Ferrífero.

Empresa	Mina	Poços Ensaaiados	Transmissividade (m <sup>2</sup> /dia)		Coeficiente de Armazenamento	
			Mínima	Máxima	Mínimo	Máximo
CVRD	Cauê	7	50	780	3,0 E-04	6,5 E-02
CVRD	Chacrinha	2	85	610	1,0 E-03	2,5 E-02
CVRD	Dois Córregos	2	150	380	2,1 E-05	2,8 E-02
CVRD	Conceição	8	90	560	9,0 E-04	8,7 E-02
MBR	Águas Claras	15	50	700	1,0 E-04	1,5 E-01
MBR	Mutuca	4	500	1500	1,0 E-01	1,5 E-01
MBR	Pico	2	100	600	5,0 E-02	1,5 E-01
SAMARCO	Germano	2	60	200	1,7 E-06	1,5 E-03
MANNESMAN	Pau Branco	1	150	450	1,0 E-04	1,0 E-02
CSN	Casa de Pedra	7	400	1300	1,7 E-02	1,2 E-01

Fonte: SILVA *et al.*, 1994.

Os valores dos coeficientes de armazenamento da TAB. 8 sugerem que a maioria dos aquíferos é do tipo livre, conforme citado por Silva *et al.* (*op. cit.*). Porém, as condições geológicas, estruturais e hidrogeológicas permitem o confinamento e o semiconfinamento de algumas porções destes.

A possibilidade deste sistema estar confinado nas Sinclinais da Moeda e Gandarela (FOTO 29), a profundidades estimadas de até 1.000 metros, sob condições hidrogeológicas ainda pouco conhecidas representa um horizonte de exploração a ser considerado como uma potencial reserva aquífera de grandes dimensões. Nas seções hidrogeológicas que cortam estas sinclinais (APÊNDICE B - Bloco Rio Acima e APÊNDICE C - Bloco Acuruí), os dobramentos fechados sugerem a existência de fraturas longitudinais e transversais aos eixos de dobra com grande potencial para armazenamento de água. A presença de itabiritos intemperizados a profundidades de 500 metros (Mina do Tamanduá), também reforça a possibilidade de grandes reservas hídricas em profundidade.

Observa-se que é comum os aquíferos estarem compartimentados hidráulicamente por diques de rochas básicas (FOTO 37), tratadas no item 11.9. MBR (2002) cita a presença destes corpos intrusivos nas minas do Quadrilátero com dimensões de 1 a 80 metros de espessura, e Neves e Bertachini (2004), citam corpos intrusivos de até 250 metros na Mina Casa de Pedra, em Congonhas. São corpos pouco perceptíveis em superfície devido ao intemperismo, das freqüentes pequenas dimensões e das coberturas lateríticas. Geralmente são identificados com o avanço das lavras ou testes de aquífero.

Vale ressaltar que a freqüente e generalizada caracterização dos diques como barreiras hidráulicas é relativa, pois são citados casos onde estes diques assumem um caráter aquífero com drenança significativa como na Mina Casa de Pedra, com 250 metros de espessura (NEVES e BERTACHINI, 2004), ou até pouco perceptíveis quanto às alterações dos parâmetros hidráulicos, como na Mina Pau Branco (ÁGUA, 2001a). Possivelmente os diferentes comportamentos hidrogeológicos sejam consequência de irregularidades

intrínsecas do corpo intrusivo como espessura variável, fraturamentos nas porções não alteradas ou descontinuidades do mesmo.

#### **11.5.1 Considerações sobre o Enriquecimento Supergênico da Hematita – Porosidade Granular Secundária**

Os processos de enriquecimento supergênico da hematita são interessantes tanto sob o aspecto econômico, pois concentra o teor de ferro tornando bastante rentável a extração do minério, como do aspecto hidrogeológico, pois proporciona porosidades extremamente favoráveis ao armazenamento de água.

As investigações sobre os processos de enriquecimento podem resultar bastante proveitosas ao indicar os controles geológico-estruturais de ocorrência das hematitas friáveis e, conseqüentemente, de aquíferos de elevada capacidade de armazenamento. Todavia, o assunto ainda é controverso e tema de estudo de diversos pesquisadores, até mesmo em outras províncias geológicas de formações ferríferas como na África do Sul e Austrália.

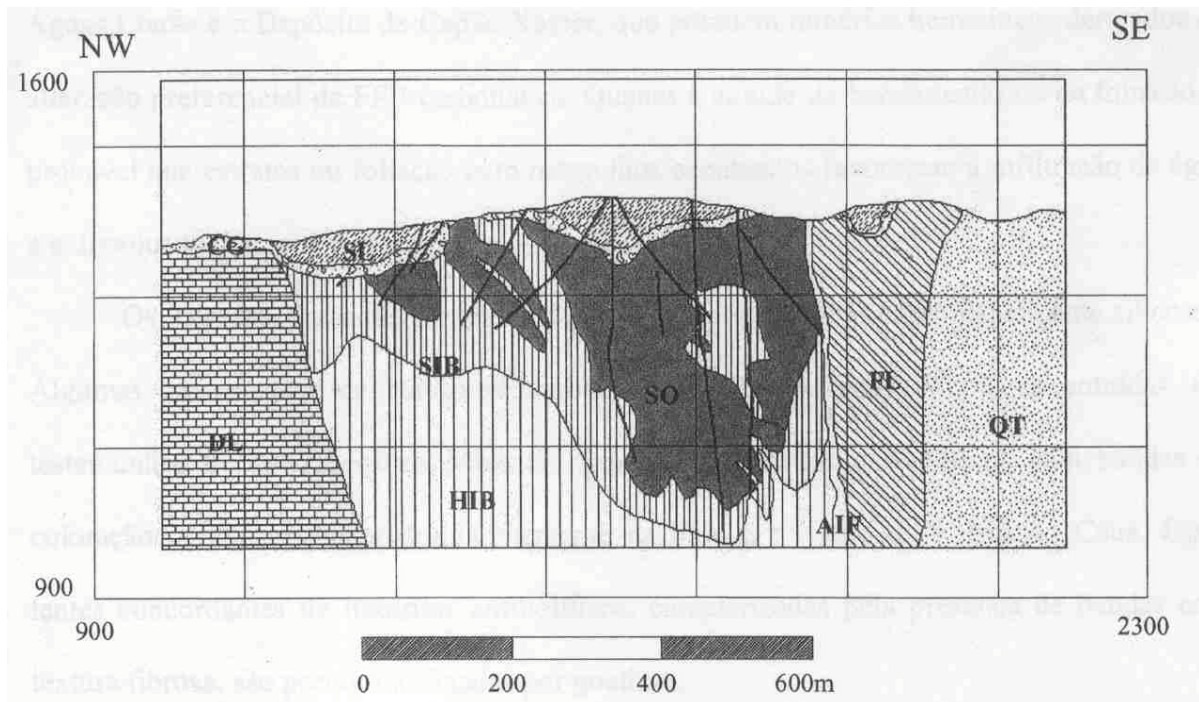
Ribeiro (2003), em estudos realizados na Mina do Pico constatou que a lixiviação dos carbonatos, sílica e silicatos presentes na estrutura dos itabiritos ocasionou a perda do volume original da rocha da ordem de 30% a 40 %. A redução do volume formou estruturas de colapso e subsidência, preenchidas por material argiloso, conglomerados e matacões (FIG. 14).

Também é observado que na maioria dos depósitos de hematita de alto teor do Quadrilátero Ferrífero existe uma correlação de proximidade com barreiras hidráulicas (diques ou filitos) ou estruturas de falhas. É comum as estruturas controlarem e delimitarem bruscamente o minério enriquecido dos itabiritos como observado na Mina Capitão do Mato, Mina do Pico e Mina do Tamanduá (diques e filitos) e nas Minas da Mutuca e Águas Claras (falhas).

Outra observação pertinente é a grande profundidade do material alterado (500 metros na Mina do Tamanduá e 350 metros na Mina do Pico). Isto sugere que o nível de base do escoamento subterrâneo (exutórios), a princípio, estaria em torno das cotas altimétricas de 900 metros a 1.000 metros. Os níveis de base do escoamento regional atual (rios das velhas, Paraopeba e Conceição) estão em torno de 800 metros.

É fato que o processo de lixiviação foi intenso, resultante da circulação bastante eficiente de águas subterrâneas através de condutos tectônicos (falhas e fraturas), durante um tempo geológico relativamente longo e sob condições físico-químicas e de aporte de água muito favoráveis.





Fonte: RIBEIRO, 2003, p.37.

FIGURA 14 - Seção transversal da Mina do Pico: Quartzito Moeda (QT), Filito Batatal (FL), Itabirito compacto (HIB), Itabirito friável (SIB), minério friável hematítico (SO), AIF (formação ferrífera argilosa), canga (CG), argilas laterizadas (SL) e dolomito Gandarela (DL).

Ainda não foram encontradas comprovações da existência dos possíveis exutórios da circulação profunda e nem do material lixiviado (sílica e carbonatos). Provavelmente os exutórios estariam relacionados com os falhamentos que cortam os filitos da Formação Batatal, base confinante do sistema aquífero e que em tempos pretéritos formavam condutos preferenciais do escoamento profundo. Devido às reativações tectônicas foram obstruídos. Quanto ao grande volume de material lixiviado, é bastante provável que tenha sido transportado em solução.

Outro fator controverso é em relação ao tempo geológico do processo, defendido por alguns como ocorrido no proterozóico ou no cenozóico, ou ainda nos dois períodos (RIBEIRO, *op. cit.*).

Ainda vale considerar que condições geomorfológicas e estruturais particulares favoreceram o processo de enriquecimento supergênico nos itabiritos da Formação Cauê, pois as Formações Ferríferas Bandadas do Grupo Nova Lima não apresentam a magnitude da dissolução observada nas FFBs do Grupo Itabira.

Acredita-se que os estudos de tectônica cenozóica poderão contribuir significativamente para os modelos de mineralização e hidrogeológicos dos itabiritos da Formação Cauê.

## 11.6 Sistema Aquífero Carbonático

É um sistema com aquíferos de importância localizada, mas responsável por dois expressivos sistemas de captação de água para abastecimento público: Fechos e Cercadinho.

Estratigraficamente encontra-se sobreposto ao sistema aquífero Itabirítico, constituído de itabiritos da Formação Cauê, através de contato gradacional onde a diminuição do teor de ferro marca a transição. Quartzitos intercalados por filitos da Formação Cercadinho, recobrem o sistema aquífero. Na Homoclinal Serra do Curral a estratigrafia encontra-se invertida.

Predomina o calcário dolomítico (carbonato de magnésio), cuja solubilidade menor em relação a do calcário calcítico (carbonato de cálcio) não favorece a existência de importantes estruturas cársticas que permitam o armazenamento e a circulação de água subterrânea.

Algumas das poucas feições cársticas são encontradas na região do Jardim Canadá, em Nova Lima, onde estruturas de colapso e subsidência, muito provavelmente, estão associadas com a surgência de Fechos (ponto 321). Também é encontrado na região do bairro Belvedere, em Belo Horizonte, uma estrutura de abatimento que atualmente está urbanizada e com os riscos geotécnicos intrínsecos deste tipo de ocupação, ainda mais pelo intenso bombeamento de poços tubulares no entorno. Outra ocorrência é na mina de calcário da empresa Extramil, na região do Gandarela, onde uma dolina está preenchida com água. Ocorrências esparsas também são encontradas em outras regiões do Quadrilátero, como nas proximidades de Barão de Cocais (FOTO 31).

A distribuição geográfica acompanha a do sistema Itabirítico nas regiões da serra do Curral até a serra dos Três Irmãos e nas Sinclinais Gandarela, Moeda e Ouro Fino. A espessura pode atingir até 1.000 metros na região do Gandarela, sendo 200 metros a espessura média (DORR *et al.*, 1959<sup>8</sup>; *apud* SILVA *et al.*, 2005). Posiciona-se topograficamente abaixo das rochas itabiríticas entre as cotas 1.000 e 1.500, sendo que nas cotas mais elevadas, comumente, está recoberto por espessas camadas de canga muito resistentes ao intemperismo.

Está presente em dolomitos, mármore e zonas manganíferas, principalmente da Formação Gandarela, pertencente ao Grupo Itabira do Supergrupo Minas. Também são encontrados como níveis ou lentes na Formação Cercadinho e Cauê. As rochas encontram-se bastante meteorizadas, com espessos mantos de intemperismo. Localmente, podem estar recobertas por sedimentos alúvio-coluvionares Terciários e espessas camadas de canga e colúvios de canga.

Formam aquíferos descontínuos, dos tipos fraturados em falhas, fraturas, diáclases e juntas, e cársticos como resultado da dissolução dos carbonatos nas zonas de fraqueza do dolomito. São aquíferos livres a confinados pelos regolitos argilosos, produtos da meteorização da rocha, fortemente anisotrópicos e heterogêneos. A porosidade e permeabilidade são secundárias, condicionadas pelo tectonismo e dissolução do carbonato.

Os níveis piezométricos são relativamente rasos com mediana de 23,8 metros, em 30 pontos com níveis medidos (poços tubulares, escavados e de observação). A relativa profundidade é devido à morfologia acidentada do terreno.

A recarga principal é pela infiltração de águas pluviais nos horizontes superficiais meteorizados e feições cársticas no relevo, sobretudo dolinas e fraturas de dissolução. Localmente, parte da recarga poderá proceder dos sistemas aquíferos Itabirítico, Quartzito Cercadinho e Granular.

<sup>8</sup> DORR II, J. Van N.; HERZ, N.; BARBOSA, A. L. M.; SIMMONS, G. C. *Esboço geológico do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais, Brasil*. Rio de Janeiro, DNPM, 1959, 120p. (DFPM, Publicação Especial, 1).

O primeiro, Itabirítico, tem sua área de ocorrência topograficamente mais elevada e quando conectado por fraturas e/ou condutos de dissolução poderá drenar volumes importantes.

O segundo, Quartzito Cercadinho, está posicionado estratigraficamente acima, exceto na Homoclinal Serra do Curral onde a estratigrafia está invertida, e também poderá exercer uma drenança vertical através de fraturas penetrativas conjugadas.

O sistema Granular poderá exercer recarga quando recobre esta unidade com sedimentos alúvio-coluvionares antigos ou formações superficiais lateríticas (cangas e colúvios de canga), como ocorre nas regiões das sinclinais Moeda e Gandarela, e homoclinal Serra do Curral.

O fluxo subterrâneo preferencial é nas direções de fraturamento e/ou carstificação, e a circulação também pode ocorrer segundo os planos de estratificação. As condicionantes locais para o desenvolvimento de condutos cársticos ainda são pouco conhecidas. Datações realizadas pelo conteúdo de Trítio em águas na Mina Córrego do Feijão (pontos 17, 28, 39 e 69) indicaram tempos de trânsito entre 45 e 120 anos (ÁGUA, 2001b).

A descarga ocorre de forma pontual em nascentes ou na forma de recarga em outros sistemas aquíferos. A mediana das vazões medidas nas nascentes, inclusive nas relacionadas com o manto de intemperismo, é de 2,4 m<sup>3</sup>/h em 37 pontos (TAB. 6). As vazões mais expressivas ocorrem no ponto 324, Condomínio Miguelão (FOTO 7), com cerca de 208 m<sup>3</sup>/h no ponto 321, em Fechos, com aproximadamente 440 m<sup>3</sup>/h, e no ponto 381, Cercadinho (FOTO 34), com cerca de 209 m<sup>3</sup>/h.

A existência de vários mananciais com características hidrogeoquímicas de rochas carbonáticas e vazões regulares indicam a presença de incipientes estruturas cársticas. Vale ressaltar que as características hidrogeoquímicas referidas não são exclusivas das águas do sistema carbonático, uma vez que existem níveis de metassedimentos carbonáticos nas formações do Grupo Piracicaba, notadamente Cercadinho, que estão sobrepostas por contato erosivo.

A capacidade de armazenamento é bastante variável e pode ser muito elevada como observado pelos mananciais com expressivas vazões e poços tubulares com capacidades específicas significativas.

Na estação do Cercadinho, região do BH Shopping, a COPASA explora o aquífero ininterruptamente desde a década de 1970 (pontos 408, 424, 428, 430 e 440) através de poços tubulares com capacidades específicas de até 84,04 m<sup>3</sup>/h por metro de rebaixamento. A interpretação de testes de bombeamento executados em quatro destes poços indicou a presença de aquíferos muito produtivos porém limitados, em que a recuperação não atinge o nível original após cerca de 17 horas de monitoramento (APÊNDICE F). A mediana do sistema é de 2,54 m<sup>3</sup>/h/m em 16 pontos (TAB. 5), desconsiderando os valores anômalos do Cercadinho, a mediana cai para 0,58 m<sup>3</sup>/h/m (10 pontos).

As captações são por poços tubulares com profundidade mediana de 99 metros, revestidos e com filtros devido aos freqüentes níveis intemperisados. As nascentes mais expressivas têm toda a vazão captada.

### **11.7 Sistema Aquífero Quartzito Cercadinho**

É um desdobramento do sistema quartzítico com a particularidade das rochas apresentarem espessos níveis de quartzito cinzento intercalados por níveis de filito prateado típicos da Formação Cercadinho.

Limita-se na base com o sistema Carbonático constituído de dolomitos da Formação Gandarela, por contato discordante erosivo, e está confinado no topo pelos filitos da Formação Fecho do Funil. Na Homoclinal Serra do Curral a estratigrafia está invertida.

Distribui-se geograficamente pelas regiões da serra do Curral até a serra dos Três Irmãos e nas Sinclinais Gandarela e da Moeda. A espessura máxima é de 320 metros na localidade-tipo e a espessura média em torno de 100 metros (DORR *et al.*, 1959<sup>9</sup>; *apud* SILVA *et al.*, 2005). As altitudes estão entre 1.000 e 1.400 metros, sendo as mais elevadas na Sinclinal Moeda e as mais baixas na Homoclinal Serra do Curral.

Os aquíferos estão em rochas metassedimentares clásticas da Formação Cercadinho, do Grupo Piracicaba, pertencentes ao Supergrupo Minas. São constituídos de quartzitos, quartzitos ferruginosos, dolomitos e conglomerado basal, intercalados por filitos prateados. Os níveis de quartzitos têm espessuras de alguns centímetros a muitos metros. Frequentemente está recoberto por material intemperizado e, localmente, por sedimentos alúvio-coluvionares, principalmente ao longo dos cursos d'água.

São aquíferos descontínuos, do tipo fraturado, ou fissural, fortemente anisotrópico e heterogêneo. Em grande parte encontra-se confinado pelos filitos interestratificados e filitos da Formação Fecho do Funil. A porosidade e permeabilidade são secundárias, resultantes dos esforços tectônicos e do intemperismo.

Os níveis piezométricos medidos em seis pontos (poços tubulares) apresentaram mediana de 25,5 metros (TAB. 5) e a relativa profundidade é devido a morfologia acidentada do terreno.

A recarga se dá preferencialmente pela infiltração de águas pluviais, através do manto de intemperismo silte-arenoso conectado com as fraturas. Sedimentos alúvio-coluvionares são comuns e podem contribuir para a recarga profunda como, também, os cursos d'água que cortam os quartzitos fraturados.

A estruturação tectônica, com dobras, fraturas, falhas transcorrentes e de empurrão, favorece a conexão hidráulica localizada com outros sistemas aquíferos, como ocorre nas regiões do Cercadinho, serra do Rola Moça e também na serra dos Três Irmãos, segundo ÁGUA (2001b), favorecendo tanto a recarga como a descarga do sistema.

A circulação de água subterrânea se faz segundo as direções das principais estruturas de fraturamento e de acamamento. Datação realizada no ponto 70, na Mina Córrego do Feijão, indicou tempo de residência, ou trânsito, de 130 anos (ÁGUA, 2001b).

Os exutórios naturais são nascentes de contato com os níveis pouco permeáveis dos metapelitos, ao longo dos vales. Alguns mananciais apresentam vazões da ordem de algumas dezenas de m<sup>3</sup>/h (pontos 70, 79, 88, 432, 681 (FOTO 15) e 1.085, todos entre 10 e 50 m<sup>3</sup>/h), valores bem acima dos restituídos pelos aquíferos Quartzíticos. A mediana das vazões medidas em nascentes é de 25,5 m<sup>3</sup>/h em oito pontos (TAB. 6). Localmente as vazões poderão estar aumentadas pelos aquíferos suspensos, formados de material alúvio-coluvionar.

Os dados hidrodinâmicos levantados são insuficientes para indicar a efetiva capacidade de armazenamento, mas segundo Silva *et al.* (1994) pode ser muito elevada, pois em Itabira, onde o Grupo Piracicaba ocorre indiviso, os poços tubulares apresentam vazões de 15 a 150 m<sup>3</sup>/h por metro de rebaixamento.

Os dados levantados indicam um potencial limitado, com capacidade específica mediana de 0,04 m<sup>3</sup>/h/m (cinco poços) e máxima de 0,24 m<sup>3</sup>/h/m (TAB. 5), em poços tubulares com profundidade mediana de 120,5 metros (seis pontos). Por outro lado, as restituições naturais por nascentes apresentam volumes significativos, o que sugere a necessidade de novos dados para uma caracterização do seu real potencial.

<sup>9</sup> DORR II, J. V. N.; HERZ, N.; BARBOSA, A. L. M.; SIMMONS, G. C. *Esboço geológico do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais, Brasil*. Rio de Janeiro, DNPM, 1959, 120p. (DFPM, Publicação Especial, 1).

Da mesma forma que no sistema Quartzítico, devido aos freqüentes fortes mergulhos das camadas e intercalações de materiais de competência distintas a perfuração de poços pode ser difícil, o que exige o emprego de técnicas e equipamentos adequados.

### 11.8 Sistema Aquífero Granular

Aquíferos granulares, ou porosos, armazenam água nos interstícios dos grãos de sedimentos inconsolidados e de rochas intemperizadas. Na região são importantes pela acessibilidade dos usuários com pequenas demandas, pela recarga que proporcionam aos sistemas aquíferos subjacentes e ainda para a manutenção de ecossistemas ciliares.

Estão distribuídos por toda a área em formações superficiais recobrendo outras unidades aquíferas. A área de ocorrência é maior do que a cartografada, pois nos mapas estão delimitadas somente as unidades geológicas mais expressivas e de importância imediata em relação às rochas subjacentes (POMERENE<sup>10</sup>, 1964 e MAXWELL<sup>11</sup>, 1972; *apud* SILVA *et al.*, 2005). Também é de se considerar que o manto de intemperismo que recobre grande parte das unidades geológicas não é mapeado.

As principais áreas cartografadas estão nos platôs das Sinclinais da Moeda e Gandarela, caracterizadas por depósitos de sedimentos alúvio-coluvionares de idade Terciária.

Estão presentes em sedimentos inconsolidados ou formações lateríticas em ambientes flúvio-lacustres, de depósitos de tálus, de enchimento de vales, aluvionares e de meteorização superficial.

Formam aquíferos descontínuos, livres, fortemente heterogêneos e anisotrópicos. As porosidades e permeabilidades são bastante variadas em razão da diversidade dos fatores físico-químicos na formação dos sedimentos e meteorização das rochas. Podem apresentar porosidade e permeabilidade muito boas, como nas coberturas lateríticas onde, praticamente, toda a água precipitada infiltra. Por outro lado, em sedimentos ou solos residuais com expressiva quantidade de fração argila a permeabilidade é baixa, dificultando a infiltração e o escoamento subterrâneo.

Em razão da grande variação das características hidrogeológicas e do potencial aquífero das unidades deste sistema, as unidades serão descritas separadamente, segundo as denominações geológicas empregadas no mapeamento.

#### *Depósitos aluviais recentes (Qal)*

Sedimentos aluvionares recentes são pouco freqüentes. Segundo Silva *et al.* (*op. cit.*), são três os fatores desfavoráveis ao acúmulo destes sedimentos: a) erosão ativa e intensa; b) posicionamento dos rios acima do nível de base regional e c) grau de intemperismo capaz de desagregar as rochas até as frações silte e argila, facilmente transportáveis pelos rios nas estações chuvosas.

Os principais depósitos são constituídos de areia, argila e cascalho, encontrados ao longo dos principais cursos d'água como no rio Conceição a jusante da localidade de Conceição do Rio Acima, no rio das Velhas a jusante da sede de Rio Acima, córrego dos Vieiras e afluentes em Palhano e ribeirão Caraça e afluentes na região de Santana do Morro. Apresentam espessuras variáveis, atingindo, no máximo, algumas poucas dezenas de metros.

<sup>10</sup> POMERENE, J. B. *Geology and ore deposits of the Belo Horizonte, Ibirité and Macacos Quadrangles, Minas Gerais, Brazil.*: U. S. Geol. Survey Prof. Paper 341D, 1964. 83p.

<sup>11</sup> MAXWELL, C. H. *Geology and ore deposits of the Alegria District, Minas Gerais, Brazil.* U.S.Geol. Survey Prof. Paper 341 J, 1972. 72p.

Os aquíferos são descontínuos, livres, anisotrópicos e heterogêneos, com porosidades e permeabilidades primárias maiores nos níveis arenosos e grosseiros.

Os níveis piezométricos são rasos, pois os aquíferos estão situados ao longo dos cursos d'água com os quais estão conectados hidráulicamente. A recarga se dá pela precipitação pluvial e, localmente, pelo aporte de água de cursos d'água perenes e efluentes.

Os fluxos têm comportamento sazonal, sujeitos aos regimes fluviais onde os cursos d'água podem alternar de influente a efluente a depender da estação climática.

A capacidade de armazenamento é variável, geralmente boa. Os poços tubulares poderão fornecer algumas dezenas de m<sup>3</sup>/h quando as captações estiverem em planícies aluvionares espessas ao longo de cursos d'água perenes, como ocorre com os poços tubulares 1.158 e 1.159 (FOTOS 16 e 17), situados na margem do rio Conceição. São reservas importantes para abastecimentos que não demandem qualidade, uma vez que diversos cursos de água encontram-se degradados. Também são comuns as captações por poços escavados de pouca profundidade e que freqüentemente estão com a qualidade comprometida pela proximidade de cursos de água contaminados (pontos 191 e 857).

#### *Depósitos aluviais antigos (NQal, NQcg)*

São terraços fluviais, ou depósitos aluviais antigos, que ocorrem em vários níveis topográficos e podem representar sedimentos de idade Terciária e Quaternária (POMERENE, *op. cit.*, 1964; *apud* SILVA *et. Al.*, 2005).

Apresentam distribuição significativa em superfície nas regiões do Jardim Canadá e Vale do Sol, na Sinclinal da Moeda. Também ocorrem como pequenos depósitos nas serras do Rola Moça e dos Três Irmãos e no extremo leste da APA onde correspondem a possíveis remanescentes de depósitos mais expressivos (MAXWELL, 1972; *apud* SILVA *et. Al.*, 2005).

São terraços constituídos de argila, areia, cascalhos e hematita, parcialmente laterizados. As espessuras podem atingir dezenas de metros como no Jardim Canadá, onde são encontrados poços escavados com até 38,0 metros (ponto 214).

Os aquíferos são descontínuos, do tipo livre, anisotrópicos e heterogêneos, com porosidade e permeabilidades primárias. A transmissividade é bastante variável em razão dos fatores genéticos da sedimentação flúvio-lacustre. A presença de depósitos de argila lacustrina altera significativamente as propriedades hidrodinâmicas dos aquíferos.

A recarga se dá principalmente pela infiltração de águas pluviais e as oscilações dos níveis de água são grandes como se observa nos poços escavados, relativamente profundos, no Jardim Canadá.

Os exutórios naturais podem ser nascentes, como no ponto 375 na Mineração Rio Verde, mas correspondem principalmente como recarga de aquíferos subjacentes, sobretudo dos sistemas Itabirítico e Carbonático.

Existem diversas captações, principalmente na região do Jardim Canadá e Vale do Sol, ao longo da BR-040, onde o abastecimento público de água é precário. São captações por poços escavados, situados em áreas urbanizadas e sujeitas a contaminação pela disposição inadequada de contaminantes (FOTO 30) e elevada capacidade de infiltração dos sedimentos. Captações profundas por poços tubulares podem apresentar boas produtividades, mas deverão ser criteriosamente construídas pelos riscos de contaminação existentes.

#### *Depósitos colúviais (NQco)*

Ocupam vales e encostas formando importantes aquíferos suspensos. Estão distribuídos nas encostas da Formação Cauê, nas Sinclinais da Moeda, Gandarela e Ouro Fino, e no

trecho entre as serras do Curral e Três Irmãos. São encontrados sobre rochas do embasamento granito-gnáissico, filitos e xistos do Grupo Nova Lima, itabiritos da Formação Cauê e dolomitos da Formação Gandarela. Muitos depósitos não foram mapeados, mas são localizados em campo.

São depósitos constituídos de matacões, calhaus e seixos de hematita e de canga. Dorr (1969<sup>12</sup>, *apud* SILVA *et al.*, 2005) sugere que alguns destes depósitos podem atingir 30 m de espessura e afloram continuamente por algumas centenas de metros. Na região de Água Limpa, o perfil geológico-constutivo de um poço tubular mostra espessura de 65 metros.

Os aquíferos são descontínuos, do tipo livre, anisotrópicos e heterogêneos, com porosidade e permeabilidades primárias.

Os níveis piezométricos são variáveis pela morfologia dos depósitos de encostas e oscilam sazonalmente pela recarga da infiltração de águas pluviais.

Os exutórios naturais são nascentes de contato com estratos subjacentes pouco permeáveis. Na região de Água Limpa-Lagoa do Miguelão, na sinclinal da Moeda (FOTO 35), ocorrem diversas nascentes (FOTOS 5 e 11) com vazões significativas. A dimensão do volume drenado pelo conjunto de nascentes pode ser observada no córrego Cachoeirinha, na confluência com a Lagoa do Miguelão, onde praticamente toda a vazão é de restituição dos aquíferos, posicionados na sua margem esquerda. Também são importantes nas vazões dos córregos do Barreiro e da Mutuca.

Podem exercer recarga em aquíferos subjacentes, sobretudo os do sistema Carbonático com os quais encontra-se freqüentemente sobreposto.

São aquíferos de aproveitamento restrito por poços tubulares pelas espessuras pouco significativas e material constituinte de difícil perfuração. Todavia, são importantes no escoamento de base de diversos cursos de água e por relevantes captações de abastecimento público (Barreiro e Mutuca).

#### *Depósitos elúvio-colúviais (Enec, NQbx,)*

São encontrados em elevados platôs, terraços e flancos de serras, recobrando a Formação Cauê e áreas adjacentes nas regiões das Sinclinais Gandarela, da Moeda e Ouro Fino e Homoclinal da Serra do Curral. Ocupam grandes áreas com espessuras de 2 a 10 metros (SILVA, *op. cit.*). Também podem ocorrer interestratificados com sedimentos de idade Terciária e Quaternária.

Os depósitos são constituídos de cangas e bauxita resultantes do processo de laterização onde ocorre a remoção da sílica por lixiviação e enriquecimento dos solos e rochas em ferro e alumina. São depósitos favorecidos pelo posicionamento topográfico com gradientes hidráulicos suficientes para a lixiviação. Em alguns locais os depósitos de bauxita formam cavernas de dimensões expressivas (FOTO 26).

Formam aquíferos descontínuos, livres e, relativamente, isotrópicos e homogêneos. Apresentam porosidade e permeabilidade secundárias, resultantes do processo de laterização. São bastante porosos e praticamente toda a água precipitada infiltra, alimentando os aquíferos subjacentes. Em alguns locais, onde o substrato está impermeabilizado, formam pequenas nascentes de comportamento sazonal.

O potencial de exploração é baixo, pois as espessuras são pequenas, a água esco rapidamente e o material é de difícil perfuração.

<sup>12</sup> DOOR II, J. Van N. Physiographic stratigraphic and structural development of Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. USGS Professional Paper 614-A, 1969. 110p.

### *Horizontes superficiais de intemperismo*

São resultantes da desintegração *in situ* da rocha matriz. Recobrem todas as unidades estratigráficas com espessuras variáveis, sendo mais espessos nos itabiritos da Formação Cauê onde podem atingir 500 metros como na Mina do Tamanduá (RIBEIRO, 2003). São também relevantes as espessuras na Formação Gandarela (58 metros no ponto 377-Lagoa do Miguelão) e nos granito-gnaisses do embasamento (40 metros nos pontos 168, 176 e 199, na região de Marques). As espessuras na Formação Gandarela podem ser muito maiores e, por outro lado, são pouco espessos nos quartzitos que são mais resistentes ao intemperismo.

Quando o material de intemperismo apresenta porosidade efetiva e condições de recarga, pode formar aquíferos importantes pela acessibilidade de usuários do meio rural (fácil perfuração) e pela função de recarga aos aquíferos subjacentes. Também formam aquíferos suspensos com capacidade de armazenamento restrita, mas responsáveis pelo escoamento de base de diversos cursos de água.

Os aquíferos são formados de materiais de diferentes composições de acordo com a rocha matriz, onde geralmente predominam a fração argilo-siltosa. Os dolomitos, filitos e xistos produzem materiais bastante argilosos com permeabilidade muito baixa.

Formam aquíferos livres, anisotrópicos e heterogêneos e apresentam porosidade e permeabilidade secundárias, geralmente baixas, resultantes dos processos de meteorização.

Os níveis piezométricos são freqüentemente rasos e, por isto, denominados de aquíferos freáticos. Apresentam oscilações sazonais dos níveis em função da recarga que se dá, principalmente, pela infiltração de águas pluviais.

Os exutórios naturais são a recarga aos aquíferos subjacentes, por meio de fraturas, diáclases e falhas conectadas hidraulicamente, e através de nascentes de contato, quando os substratos são pouco permeáveis, apresentando pequenas vazões e comportamento sazonal.

A capacidade de armazenamento geralmente é baixa, mas suficiente para atender pequenas demandas domésticas através de captações de nascentes ou poços escavados pouco profundos.

### **11.9 Aqüitardos**

A atual conformação do arcabouço hidrogeológico do Quadrilátero Ferrífero deve-se, em parte, à presença de unidades geológicas pouco permeáveis que compartimentam e confinam os sistemas aquíferos.

*Aqüitardo* segundo Feitosa (1997, p.22) é “uma camada ou formação semi-permeável, delimitada no topo e/ou na base por camadas de permeabilidade muito maiores”. E ainda, *aqüiclude* é “uma formação que pode conter água (até mesmo em quantidades significativas), mas é incapaz de transmiti-la em condições naturais.”

Em razão da composição heterogênea das seqüências metassedimentares que apresentam freqüentes intercalações de materiais pelíticos e psamíticos, e estruturas resultantes de várias fases de deformação como dobras, falhas e fraturas, foi considerado prudente definir as unidades geológicas, com predominância de materiais pelíticos, como passíveis de proporcionar drenança, ainda que localizada. Por outro lado, também é pertinente considerar que freqüentemente o comportamento destas formações é de aqüiclude, constituindo barreiras hidráulicas que estabelecem o confinamento ou compartimentação de



aquíferos e sistemas aquíferos, como observado em testes de aquíferos e monitoramentos realizados nas minas de ferro.

Unidades geológicas pouco permeáveis ocorrem por toda a região como formações, níveis interstratificados, depósitos sedimentares Terciários ou Quaternários, ou corpos intrusivos máficos.

As principais formações metassedimentares são as Formações Batatal e Barreiro pertencentes ao Supergrupo Minas. A Formação Batatal pertence ao Grupo Caraça e, segundo Silva *et al.* (2005), é constituída de filitos sericíticos, filitos grafitosos e, localmente, contém quantidades significativas de clorita e material carbonático. No topo são encontradas intercalações de metachert e delgadas lentes de hematita (itabiritos) e também encerra lentes de quartzito. A espessura geralmente está compreendida entre 20 e 50 metros (BARBOSA, 1968). Está presente como faixas estreitas na Homoclinal da Serra do Curral e nas Sinclinais Moeda, Gandarela e Ouro Fino. Os contatos com a Formação Cauê (aquíferos Itabiríticos), no topo, e com os quartzitos da Formação Moeda, na base, são gradacionais relacionados à mudanças no relevo das áreas fontes e ambiente de deposição.

Segundo Grandchamp (2003), a espessura da Formação nas proximidades da Mina de Águas Claras, na serra do Curral, é de 160 metros e nas proximidades das Minas Capitão do Mato e do Tamanduá as espessuras variam de 100 a 400 metros (MDGEO, 1999b).

Os filitos da Formação Batatal apresentam características predominantemente de aquíclude. Amorim *et al.* (1997) mencionam a baixa permeabilidade desta formação, classificando-a até como aquífugo (unidade hidrogeológica que não armazena nem transmite água). A concepção geral é de que esta camada forme uma barreira hidráulica separando fisicamente os sistemas aquíferos Itabiríticos e Quartzíticos da Formação Moeda. Pelas características texturais e litológicas dos filitos, bem como pelas características hidrogeológicas na maior parte dos locais investigados esta situação é verdadeira. Porém, algumas questões são levantadas com respeito ao comportamento hidrogeológico destes corpos de filito no relatório apresentado pela ECOS (2000) para a Prefeitura de Itabirito. Segundo os autores é questionável aceitar a continuidade, tanto litológica como das características físicas destas camadas em toda a região do Quadrilátero Ferrífero, descritas como plásticas e impermeáveis sem quaisquer fraturas ou outras descontinuidades físicas. Esta observação é pertinente, pois a região do Quadrilátero apresenta porções intensamente fraturadas, inclusive, por reativações de estruturas em resposta a eventos tectônicos recentes, sendo assim, é provável que localmente ocorra drenança. Também vale considerar a eventual presença de níveis de chert saturados de água no filito, como ocorre na Mina do Pico (MBR, 2001), o que mostra comportamento heterogêneo desta litologia com capacidade localizada para armazenar e transmitir água, ainda que em quantidades muito menores que as rochas encaixantes (Formações Moeda e Cauê).

A Formação Batatal também exerce um importante papel ao confinar na base os aquíferos itabiríticos, proporcionando mananciais com expressivas vazões em cotas elevadas e que são aduzidos por gravidade para o abastecimento de diversas comunidades.

A Formação Barreiro pertence ao Grupo Piracicaba e é constituída de filito e filito grafitoso que, segundo Maxwell (1972<sup>13</sup>, *apud* SILVA *et al.*, 2005), são rochas macias e facilmente intemperizáveis. Na localidade tipo tem 107 metros de espessura (córrego do Barreiro), sendo caracterizado por grandes variações de espessura, em muitos casos devido à sua plasticidade sob a ação orogênica (BARBOSA, 1968). Ocorre no flanco norte das serras do Curral e Três Irmãos em contato com a Formação Taboões, na base, e Grupo Sabará, no topo. Restringe a drenagem subterrânea entre as unidades aquíferas sobrejacente e

<sup>13</sup> MAXWELL, C. H. *Geology and ore deposits of the Alegria District, Minas Gerais, Brazil*. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 341 J, 1972. 72p.

sotoposta, funcionando como barreira hidráulica. Porém, a presença de fraturas ou descontinuidades nas camadas pode permitir o fluxo localizado.

Níveis intraformacionais de rochas pouco permeáveis ocorrem nas diversas unidades metassedimentares do Quadrilátero. Todavia, o mais expressivo e mapeado está na Formação Moeda, constituída predominantemente de quartzitos grosseiros a médios e conglomerados oligomíticos e polimíticos de fácies aluvial, mas apresentando um nível intermediário de filitos com interlaminações milimétricas de quartzito fino e metassiltitos de fácies marinha (SILVA *et. al.*, 2005). A espessura é bastante variável e apresenta-se descontínuo e truncado por falhas.

Os depósitos sedimentares são aluvionares, lacustrinos ou de enchimento de vales, constituídos de argilas de diversas composições e de idade Cenozóica. Estão presente nas regiões das Sinclinais da Moeda e Gandarela constituindo corpos descontínuos e áreas variáveis. Podem ter até 10 metros de espessura, ou mais, como observado na mina de argila refratária no bairro Jardim Canadá. A cor da argila pode ser branca, amarela, rosa e vermelha. Na região do Gandarela é encontrado um depósito sedimentar de idade Terciária contendo linhetos, folhelhos, arenitos, argilitos e conglomerados (SILVA, *op. cit.*).

Segundo Ribeiro (2003), na região da Mina do Pico são encontrados depósitos argilosos intercalados por níveis conglomeráticos sobrepostos a zonas de enriquecimento supergênico de itabiritos, preenchendo superficialmente as estruturas de colapso e subsidência.

Os corpos intrusivos são freqüentes e por estarem comumente intemperizados, raramente são reconhecidos em superfície. São identificados nas escavações das minerações e através de testes de aquífero constituem importantes barreiras hidráulicas entre aquíferos do mesmo sistema e estão presentes, principalmente, nas seqüências metassedimentares. Segundo Silva (1992), podem ser divididos em quatro tipos:

1. Diques e *sills* com espessuras aparentes centimétricas a métricas, de direção NS, idades entre 1,7 e 1,5 Ga, deformados, metamorfisados e sem feições ígneas preservadas. A composição é caracterizada por uma associação de quartzo-clorita xistos, quartzo-sericita xistos com turmalina e biotita e biotita-quartzo-sericita xistos com turmalina;
2. Diques, *sills*, *stocks* ou *plugs* constituídos de metagabros maciços com dimensões de centenas a dezenas de metros, direções preferenciais NE e NW, idades de  $906 \pm 2$  Ma, deformados e metamorfisados na fácies xisto verde, mas com feições ígneas parcialmente preservadas. Secciona todas as unidades do Supergrupo Minas;
3. Diques de espessuras métricas, direção NS, idade mínima de 655 Ma, não deformados, com textura ígnea preservada. Provavelmente do final da orogênese Brasileira na região. A composição é um gabro de granulação grossa, melanocrático e equigranular;
4. Diques de diabásios e basaltos com espessuras centimétricas a métricas, direções NS, EW, NW e NE, idade em torno de 120 Ma, não metamorfisados e não deformados, bastante intemperizados, mas com textura ígnea preservada. Seccionam todas as estruturas pré-cambrianas da região e, possivelmente, estão relacionados com os basaltos da bacia do Paraná e fragmentação do supercontinente Gondwana.

Os corpos intrusivos seccionam todos os sistemas aquíferos em diversas direções, compartimentando-os em aquíferos isolados e alterando os fluxos subterrâneos. Este comportamento é comumente identificado no sistema Itabirítico pelas atividades de rebaixamento dos níveis de água, onde são observadas alterações no comportamento dos cones de rebaixamento e diferenças significativas de níveis piezométricos em pontos de

observação próximos, como observado na Mina do Tamanduá (MDGEO, 1999b) e na Mina do Pico (MBR, 2001).

Quando os corpos não estão intemperizados os esforços tectônicos podem proporcionar fraturas permeáveis e, ainda, como são descontínuos e de espessuras variadas podem proporcionar drenança. Na Mina da Casa de Pedra, em Congonhas, um corpo intrusivo de cerca de 250 metros de espessura apresenta permeabilidade suficiente para proporcionar drenança entre aquíferos do sistema itabirítico (NEVES E BERTACHINI, 2004).

Os poços perfurados nesta unidade hidrogeológica têm no geral vazões nulas, mas como a constituição litológica é heterogênea algumas rochas podem apresentar pequenas vazões.

## 12. CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

A região da APA Sul RMBH é caracterizada por uma hidrogeologia complexa com unidades hidrogeológicas em rochas de seqüências metassedimentares clásticas e químicas e metavulcânicas, sobrepostas aos complexos metamórficos do embasamento. As unidades estão seccionadas por rochas intrusivas básicas e metabásicas de idades diversas e a estruturação tectônica é policíclica com dobras, fraturas e falhas de empurrão e transcorrentes.

São encontrados 83 litótipos em 56 unidades geológicas que constituem nove unidades hidrogeológicas com diferentes capacidades de armazenamento de água, inclusive com propriedades de aquícludes que confinam os principais aquíferos na base e lateralmente.

Os sistemas aquíferos com maior capacidade de armazenamento são o sistema Itabirítico, principalmente na Formação Cauê, e sistema Carbonático, na Formação Gandarela. São caracterizados pela anisotropia e heterogeneidade nas suas propriedades hidrodinâmicas e, localmente, podem proporcionar captações por poços tubulares profundos e mananciais com grandes vazões. Também são encontrados sistemas aquíferos com capacidades de armazenamento limitadas, mas suficientes para atender pequenas demandas, principalmente para uso doméstico.

As capacidades específicas dos poços tubulares podem atingir 87 m<sup>3</sup>/h por metro de rebaixamento e as vazões dos exutórios dos aquíferos até 500 m<sup>3</sup>/h. Apesar da existência de unidades hidrogeológicas com limitadas potencialidades aquíferas, são raros os poços tubulares totalmente secos.

O rebaixamento dos níveis de água em minas de ferro tem causado, ou ainda produzirão, impactos de rebaixamento nos níveis piezométricos e diminuição das vazões de mananciais no entorno dos empreendimentos. É uma realidade que vem sendo paulatinamente equacionada com os estudos hidrogeológicos realizados para atender a legislação ambiental e as atividades de lavra. Ações mitigadoras vêm sendo implementadas, mas a eficácia ainda deverá ser comprovada pela continuidade e consequência das propostas durante o longo período de recuperação das condições originais que poderá levar décadas.

Uma ampla rede de monitoramento está sendo implantada com medições de níveis piezométricos, vazões e parâmetros físico-químicos de qualidade. A constante manutenção e aperfeiçoamento da rede são fundamentais para o conhecimento das variáveis hidrogeológicas sujeitas aos impactos das atividades minerárias, industriais e de ocupação urbana. Também é de grande importância para subsidiar a solução dos conflitos ambientais existentes.

São encontradas estruturas favoráveis ao armazenamento de água em profundidades de até 500 metros que indicam a provável existência de áreas com grande potencial em aquíferos profundos, sobretudo nos itabiritos da Formação Cauê. Os aspectos geológico-estruturais das zonas de charneira das sinclinais da Moeda e do Gandarela ainda são desconhecidas e deveriam ser mais bem estudadas visando futuro aproveitamento.

A água subterrânea é explotada através de poços tubulares profundos com mediana de profundidade de 100 metros, e captações de mananciais que muitas vezes envolvem o aproveitamento de toda a vazão comprometendo usuários e os ecossistemas ribeirinhos. Os maiores usuários são as mineradoras e o sistema público de abastecimento de água com cerca de 98 % do volume consumido. Foi observado nas últimas décadas, o crescente número de poços tubulares para abastecimento doméstico e de condomínios nas últimas décadas. Acredita-se que esta tendência se manterá no futuro próximo com a progressiva ocupação urbana e desenvolvimento industrial, e para muitas situações um sistema de distribuição eficiente e a racionalização dos usos seriam alternativas ao incremento nas perfurações crescente número de poços tubulares que muitas vezes ficarão subutilizados.

Em geral as águas naturais são de boa qualidade. Algumas restrições de uso da água para consumo humano podem ocorrer em áreas de rochas metavulcânicas do Supergrupo Rio das Velhas pela presença de sulfetos, que quando oxidados pelo rebaixamento dos níveis de água, pelo bombeamento de poços tubulares e por escavações em minerações a céu aberto ou subterrâneas, liberam metais tóxicos. Também é prudente considerar o pH naturalmente ácido nas águas do sistema aquífero Itabirítico, tanto nos aspectos construtivos dos poços tubulares e na adução como no uso.

## 13. RECOMENDAÇÕES

1. Reunir nos bancos de dados existentes na SEMAD e IGAM estruturados na forma de Sistema de Informações Georeferenciadas – SIG as informações geológico-construtivas das captações e poços de observação, dados do monitoramento das vazões de poços tubulares e mananciais e dos níveis piezométricos dos poços e piezômetros, além dos resultados de análises físico-químicas, para subsidiar pesquisas e a gestão dos recursos hídricos da APA Sul RMBH;
2. Dar um destino adequado aos poços tubulares, escavados e piezômetros desativados ou abandonados, evitando a contaminação dos aquíferos pela introdução acidental ou proposital de contaminantes.
3. Em as áreas com aquíferos de potenciais limitados recomenda-se definir as fontes de abastecimento de água antes de se permitir a ocupação;
4. Estimular a legalização das captações segundo a legislação de recursos hídricos estadual que obriga a outorga do uso de águas subterrâneas;
5. Estimular programas de otimização do uso dos recursos hídricos para evitar desperdícios nos sistemas de abastecimento público, doméstico e industrial;
6. Criar um programa de monitoramento de qualidade das águas subterrâneas, principalmente nas áreas densamente ocupadas;
7. Realizar análises de isótopos nos principais mananciais para definir o tempo de trânsito e residência das águas dos aquíferos;
8. Estimular o cumprimento da Legislação Ambiental quanto a disposição de resíduos sólidos e lançamento de efluentes.

## 14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁGUA Consultores Associados Ltda. **Relatório e plano de controle ambiental do sistema de rebaixamento do lençol freático - Mina Pau Branco - Brumadinho - MG.** Belo Horizonte: Vallourec & Mannesmann Tubes. 1999, 2v. 90p. (Relatório interno).

ÁGUA Consultores Associados Ltda. **Reavaliação do modelo hidrogeológico de previsão de rebaixamento dos níveis de água na Mina Pau Branco: 1º Relatório de andamento,** out. 2001. Belo Horizonte: Vallourec & Mannesmann Tubes. 2001a. 16p. (Inclui anexo de dados / Relatório interno).

ÁGUA Consultores Associados Ltda. **Monitoramento hídrico e avaliação de possíveis impactos do sistema de rebaixamento dos níveis de água na Mina Córrego do Feijão – Brumadinho, MG.** Belo Horizonte: FERTECO Mineração S.A., 2001b. 15p. (Inclui anexos de mapas/ Relatório interno).

ÁGUA Consultores Associados Ltda. **Relatório anual de atividades realizadas para o sistema de rebaixamento de nível d'água da Mina Córrego do Feijão – Brumadinho, MG:** Processo COPAM 036/77/31/99-LO nº 353. Belo Horizonte: FERTECO, 2002. v.1. (Inclui anexos de mapas/ Relatório interno).

ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S. Transamazonian orogeny in the Southern São Francisco Craton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in Quadrilátero Ferrífero. **Precambrian Research**, Amsterdam, n.90, p.29-58, 1998.

ALKMIN, F. F.; AMORIM, L. Q. A.; SOUZA, K.; CAVALCANTI, J. A. D.; FREITAS, C. A.; LANFRANCHI, R. A.; OLIVEIRA, F. M.; SANTOS, G. J. I.; BARBOSA, V. C.; A junção entre o sinclinal da Moeda e o homoclinal da serra do Curral, Quadrilátero Ferrífero, MG. *In*: CONG. BRAS. DE GEOLOGIA, 39, 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG, 1996. v.1, p.337-340.

AMORIM, Leandro Q; ALKMIM, Fernando F. Tipologia dos aquíferos e um modelo hidrogeológico para a região sul de Belo Horizonte, setor setentrional do Platô da Moeda. *In*: IX SIMP. DE GEOL. DE MINAS GERAIS, **Anais...** Belo Horizonte, SBG-MG, 1997. Bol. 14, p 145-147.

BALTAZAR, Orivaldo F.; ZUCHETTI, Márcia. Geologia Estrutural. *In*: SILVA, Sergio L. (Org.) **Projeto APA Sul RMBH. Estudos do Meio Físico.** Geologia. Belo Horizonte: CPRM/SEMAD/CEMIG, 2005. v.1. p.32-40.

BARBOSA, Aluizio L. de M. **Contribuições recentes à geologia do Quadrilátero Ferrífero.** Belo Horizonte: UFMG/Inst. de Geoc./SBG-MG, 1968. 43p.

- BARBOSA, G. V. Superfícies de erosão no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**. 1980. v.10, n.1, p. 89-101.
- BEATO, Décio A. C. Coord.; DUTRA, Georgete M. **Estudo hidrogeológico da Bacia da Lagoa da Pampulha**. Belo Horizonte: CPRM/PBH, 2001. 151p.
- BERTACHINI, Antônio C. Hidrogeologia e desaguamento da Mina de Águas Claras. *In*: CONGR. BRAS. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 8, 1994, Recife, **Anais...** Recife: ABAS/DNPM/CPRM, 1994. p 274-283.
- COPASA – Companhia de Saneamento do Estado de Minas Gerais. Produção de água para a RMBH. *In*: **Guia de apresentação**: Sistema Vargem das Flores; Sistema Rio da Velhas; Sistema Rio Manso; Sistema Serra Azul; Sistema Catarina; Sistema Ibitité; Meio Ambiente; Controle de Qualidade; Tratamento da Água e Sistema de Produção de Água. Belo Horizonte: COPASA, 2001. 01 CD ROM.
- COSTA, W. D. **Análise dos fatores que atuam no aquífero fissural** – Área piloto dos Estados da Paraíba e R. G. do Norte. 1986. 206f. (Tese de Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.
- CUSTODIO, Emilio; LLAMAS, Manuel R. **Hidrología subterránea**. 2.ed. Barcelona: Ediciones Omega, 1983. 2v.
- DAVIS, Elizabeth G.; PINTO, Eber J. A.; PINTO, Magda C. F. Hidrologia. *In*: **Projeto APA Sul RMBH Estudos do Meio Físico**: área de proteção ambiental da região metropolitana de Belo Horizonte. Belo Horizonte: CPRM/SEMAD/CEMIG, 2005.v.9.
- DRISCOLL, F.G. **Groundwater and Wells**. 2ed. St. Paul, Minnesota: Johnson Division, 1989. 1089 p.
- ECOS Consultoria e Serviços Ltda. 2000. **O rebaixamento do lençol freático na Mina do Pico - Questões pertinentes**. Belo Horizonte: Prefeitura Municipal de Itabirito, 2000. 20p (Relatório Interno).
- ENCICLOPÉDIA dos Municípios Mineiros: Minas. Belo Horizonte: Armazém de Idéias, 1998. v. 1.
- ENDO, Issamo. **Regimes tectônicos do arqueano e proterozóico no interior da placa sanfranciscana: Quadrilátero Ferrífero e áreas adjacentes, Minas Gerais**. 1997. 2v. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo/USP, 1997.
- FEITOSA, Fernando A. C.; MANUEL FILHO, J. , Coord. Hidrogeologia: **conceitos e aplicações**. 2ed. Fortaleza. CPRM/UFPE, 1997. 412p.
- FJP – Fundação João Pinheiro. **Saneamento básico em Belo Horizonte**: trajetória em 100 anos – os serviços de água e esgoto. Belo Horizonte: FJP - Centro de Estudos Históricos e Culturais/COPASA, 1997. 314p. (Coleção Centenário).
- GALE, J. E. Assessing the Permeability Characteristics of Fractured Rock. *In*: GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA. **Special Paper**, 1982. n° 189.
- GALE, J. E.; VARGAS, E. A. Curso de Fundamentos de Hidrogeologia de Rochas Fraturadas. *In*: ABAS. **Apostila de Curso**. Rio de Janeiro: CPRM/PUC-Rio/UFRJ, 1999.
- GRANDCAMP, César A. P. **Estudo de recuperação do Aquífero Cauê e do enchimento da cava na Mina de Águas Claras, Serra do Curral, município de Nova Lima, MG**. 2003. 148p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2003.
- JUNQUEIRA, Patrícia A. **Geologia do depósito de ouro da Mina de Raposos, Quadrilátero Ferrífero, com ênfase na alteração hidrotermal**. 1997. 141p. Dissertação



(Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 1997.

KRUSEMAN, G. P.; RIDDER, N. A. **Analysis and Evaluation of Pumping Test Data**. 3ed. Netherlands: International Institute for Land Reclamation and Improvement / ILRI, 1983. Bulletin 11

MARSHAK, S.; ALKMIM, F. F.; JORDT-EVANGELISTA, H. Proterozoic crustal extension and the generation of dome-and-keel structure in an Archean granite-greenstone terrane. **Nature**, n. 35, p.491-493, 1992.

MBR – Minerações Brasileiras Reunidas. **Relatório de acompanhamento do processo de rebaixamento do nível d'água na Mina do Pico – Itabirito MG**. Ano hidrológico 2000/2001. Belo Horizonte: MBR, 2001. 21p. (Relatório interno).

MBR – Minerações Brasileiras Reunidas. Relatório técnico para outorga de água: estudos hidrológicos e hidrogeológicos. *In: Projeto Capão Xavier*. Belo Horizonte: MBR/ECOLAB, 2002. 242p. (Inclui tabelas e gráficos / Relatório interno).

MDGEO Serviços de Hidrogeologia Ltda. **Parecer técnico dos impactos hidrológicos da Mina de Águas Claras**: REL-MBR-MAC-0001/99. Belo Horizonte: MBR, 1999a. v.1. (Inclui anexos de mapas / Relatório interno).

MDGEO Serviços de Hidrogeologia Ltda. **Relatório de controle ambiental e plano de controle ambiental do rebaixamento do nível d'água da Mina do Tamanduá**. Belo Horizonte: MBR, 1999b. 51p. (Inclui mapa de pontos/Relatório Interno).

MDGEO Serviços de Hidrogeologia Ltda. **Diagnóstico hidrogeológico da drenagem ácida da Mina do Faria, distrito de Honório Bicalho, Nova Lima, MG**. Belo Horizonte: Morro Velho/Anglogold, 1999c. 49p. (Inclui tabelas e gráficos/Relatório interno).

MDGEO Serviços de Hidrogeologia Ltda. **Relatório do modelo numérico de simulação do fluxo d'água subterrânea da Mina de Águas Claras e Adjacências**. Rel-MBR-MAC-001/01. Belo Horizonte: MBR, Jun/2001. 30p. (Relatório interno).

MDGEO Serviços de Hidrogeologia Ltda. **Caracterização hidroquímica da Mina do Pico e do Complexo Tamanduá**: REL-MBR-QUI 001/02. Belo Horizonte: MBR, 2002. v.1. (Inclui anexos de mapas/ Relatório interno).

MEDINA, Antônio I. de M.; DANTAS, Marcelo E.; SAADI, Allaoua. Geomorfologia. *In: Projeto APA Sul RMBH Estudos do Meio Físico*: área de proteção ambiental da região metropolitana de Belo Horizonte. Belo Horizonte: CPRM/SEMAD/CEMIG, 2005.v.6.

MONSORES, A. L. M. **Estudos Hidrogeológicos e Hidroquímicos em Aquíferos Fraturados**: Bacia Superior do Córrego do Açude - Distrito de Raposo - Itaperuna / RJ. 170f. (Dissertação de Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

NEVES, Ana C.; BERTACHINI, Antônio C. Modelo hidrogeológico conceitual e matemático, mineração Casa de Pedra, Congonhas - MG. *In: CONG. BRAS. DE GEOL.*, 42, 2004, Araxá. **Anais...** Belo Horizonte: SBG-MG, 2004. 1 CD-ROM.

RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais**: Folhas SF23/24 Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro: MME, 1983. v..32.

RAPOSO, Frederico O. **Formações ferríferas e metassedimentos químicos de áreas selecionadas do Quadrilátero Ferrífero e seu papel como possíveis fontes dos conglomerados da área**. 1996. 136p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 1996.

- REBOUÇAS, Aldo da C. Sistema aquífero Botucatu no Brasil. *In*: CONG. BRAS. de AGUAS SUBTERRÂNEAS, 8, Recife, 1984. **Anais...** Recife, ABAS/DNPM/CPRM, 1984. P. 500-509.
- RIBEIRO, Diniz T. **Enriquecimento supergênico de formações ferríferas bandadas: estruturas de colapso e desordem.** 2003. 123p. Tese (doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.
- SAADI, A. **Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais** (tensões intraplaca, descontinuidades crustais e morfogênese). 1991. 285p. Tese (submetida para obtenção de vaga de Professor Titular). Inst. de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1991.
- SILVA, Adalene M. **Geologia e petroquímica dos enxames de diques máficos do Quadrilátero Ferrífero e Espinhaço Meridional, MG.** 1992. 117p. Dissertação (Mestrado) Inst. de Geociências, UNB, Brasília, 1992.
- SILVA, Adelbani B. da; SOBREIRO NETO, Agostinho F.; BERTACHINI, Antônio C. Potencial das águas subterrâneas no Quadrilátero Ferrífero. *In*: CONG. BRAS. de AGUAS SUBTERRÂNEAS, 8, Recife, 1994. **Anais...** Recife: ABAS/DNPM/CPRM, 1994. p.264-283.
- SILVA, Adelbani B. da; CARVALHO, Edézio T. de; FANTINEL, Lúcia M.; *et al.* **Estudos geológicos, hidrogeológicos, geotécnicos e geoambientais integrados no município de Belo Horizonte. Belo Horizonte:** PBH/UFMG- Inst. de Geociências/FUNDEP, 1995. p.55-80. 7 anexos.
- SILVA, Sérgio L. da. (Org.); MONTEIRO, Eduardo A.; BALTAZAR, Orivaldo F. Geologia. *In*: **Projeto Apa Sul RMBH Estudos do Meio Físico.** Belo Horizonte: CPRM/SEMAD/CEMIG, 2005. v.1.
- SOUZA, Sérgio M .T. de (Ed.) **Disponibilidades hídricas subterrâneas no Estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte: HIDROSYSTEMAS/COPASA, 1995. 525p. il.
- VARAJÃO, C. A. C. A Questão da correlação das superfícies de erosão do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geologia**, São Paulo, v.21, n.2, p. 138-145. 1991.
- VARAJÃO, C. A. C. **Estudo comparativo das jazidas de bauxita do Quadrilátero Ferrífero, MG.** 1988. 232p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1988.

## FOTOGRAFIAS

---



FOTO 1 - Medição de parâmetros *in loco* e de vazão.



FOTO 2 - Medição de vazão em cabeceira de drenagem.



FOTO 3 - Medição de parâmetros *in loco*.



FOTO 4 - Medição de nível em poço tubular (ponto737).

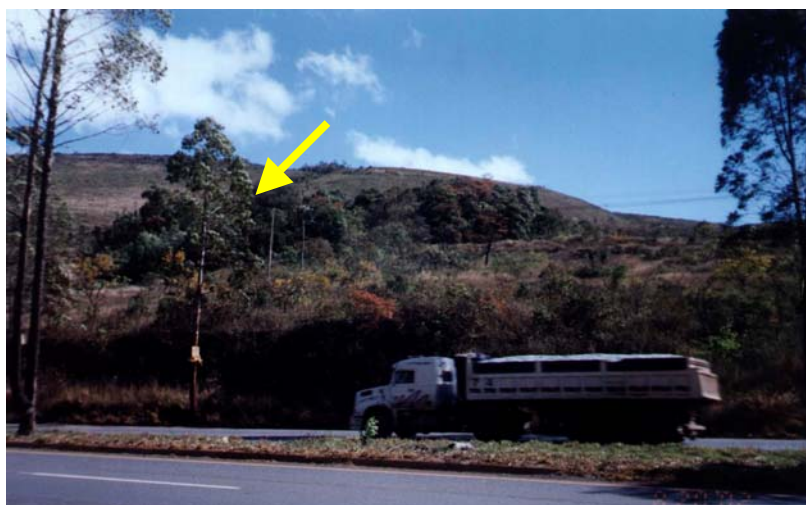


FOTO 5 - Nascente captada para abastecer o condomínio Lagoa do Miguelão, Nova Lima (ponto 300).





FOTO 6 - Captação no sistema de drenagem do Túnel Taquaril, Nova Lima (ponto 773).



FOTO 7 - Captação desativada no condomínio Lagoa do Miguelão, Nova Lima (ponto 324).



FOTO 8 - Escoamento de galeria na região da serra do Curral (ponto 727).



FOTO 9 - Drenagem ácida na Mina Esperança, Santa Rita, Nova Lima (ponto 819).



FOTO 10 - Drenagem ácida na Mina do Faria, Honório Bicalho, Nova Lima (ponto 815).



FOTO 11 - Captação de nascente para venda de água "potável" próximo ao condomínio Lagoa do Miguelão (ponto 338).





FOTO 12 - Captação Mãe d'Água na região do Retiro do Chalé, Brumadinho (ponto 250).



FOTO 13 - Vista panorâmica da encosta da serra da Moeda onde se encontra a captação Mãe d'Água.



FOTO14 - Instalações do poço P-04 no condomínio Morro do Chapéu (ponto 468).





FOTO 15 - Instalações da captação de água mineral Pérola do Vale, Usina A, Nova Lima (ponto 681).



FOTO 16 - Vista parcial das instalações da Mina Córrego do Sítio, margem do rio Conceição, com os poços tubulares indicados.



FOTO 17 - Poço tubular na Mina Córrego do Sítio, margem do rio Conceição (ponto 1158).



FOTO 18 - Vista panorâmica da Mina Capanema em Santa Barbara.



FOTO 19 - Dreno de fundo do aterro de estéril na Mina Capanema (ponto 1.104).



FOTO 20 - Assoreamento em nascente na Mina do Tamanduá, Nova Lima.





FOTO 21 - Construção de aterro de estéril na Mina do Tamanduá.



FOTO 22 - Instalação de manta drenante no aterro de estéril na Mina do Tamanduá.



FOTO 23 - Mata ciliar da captação Bálamo na serra do Rola Moça, Belo Horizonte (ponto 175).



FOTO 24 - Tratamento de drenagem ácida na Mina Esperança, Santa Rita, Nova Lima (ponto 819).



FOTO 25 - Tratamento de drenagem ácida na Mina do Faria, Honório Bicalho, Nova Lima (ponto 815).



FOTO 26 - Área de extração de bauxita com aviso da presença de cavernas.





FOTO 27 - Antigo aqueduto na região de Catas Altas.



FOTO 28 - Vista panorâmica da região de Casa Branca, Brumadinho.



FOTO 29 - Vale do ribeirão Preto na Sinclinal do Gandarela.



FOTO 30 - Despejo industrial clandestino no bairro Jardim Canadá, Nova Lima.



FOTO 31 - Lagoa cárstica na região de Barão de Cocais.



FOTO 32 - Enchimento da cava da Mina de Águas Claras, Nova Lima.





FOTO 33 - Vista panorâmica da Mina do Pico, Itabirito.



FOTO 34 - Cabeceira da captação Cercadinho, bairro Belvedere, Belo Horizonte (ponto 381).



FOTO 35 - Vista panorâmica do vale da Sinclinal da Moeda.

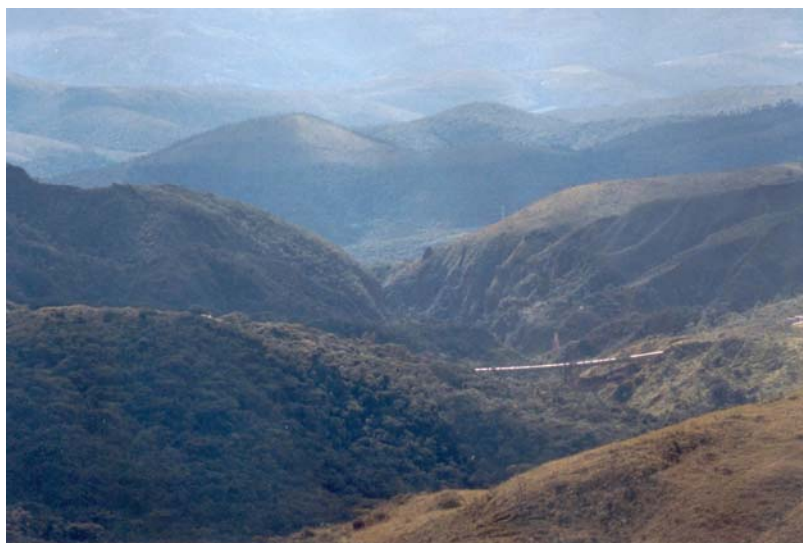


FOTO 36 - Canyon do rio do Peixe (ponto 995).

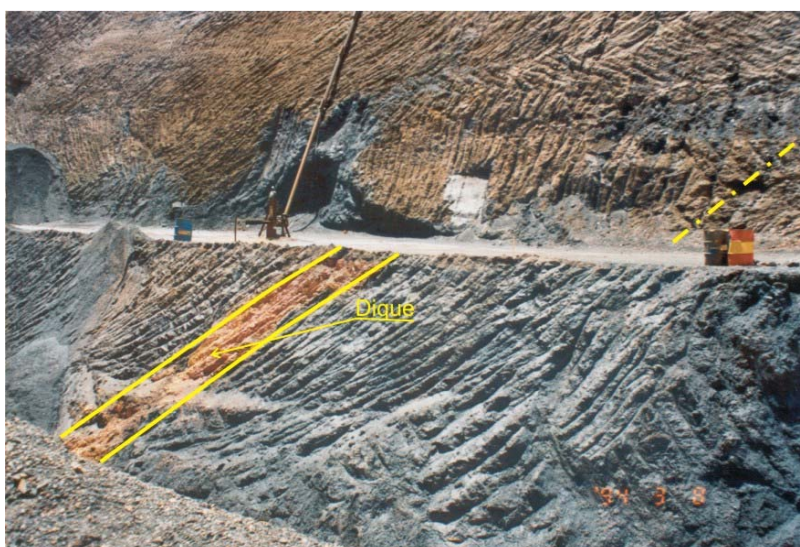


FOTO 37 - Detalhe de um dique básico cortando a Formação Cauê, Mina Pau Branco, Município de Brumadinho.



## GLOSSÁRIO

---

### *Símbolos e abreviaturas*

<p><b>Cf.</b> confronto com</p> <p><b>D</b> comprimento</p> <p><b>Ex.</b> exemplo</p> <p><b>h</b> hora</p> <p><b>i</b> gradiente hidráulico</p>	<p><b>K</b> coeficiente de permeabilidade</p> <p><b>m</b> metro</p> <p><b>N.D.</b> nível dinâmico</p> <p><b>N.E</b> nível estático</p> <p><b>Q</b> vazão, taxa de fluxo segundo</p> <p><b>V</b> consultar item</p>
---	--

*Absorção* - Termo que inclui a infiltração, o escoamento de cursos de água para cavernas ou outras aberturas, a absorção de água por capilaridade, a absorção higroscópica e a infiltração do vapor de água atmosférico.

*Acamamento* – O mesmo que plano de estratificação.

*Afloramento* - Exposição de rochas à superfície terrestre.

*Água agressiva* – Água capaz de atacar materiais com eliminação superficial ou localizada dos mesmos ou alteração de suas propriedades. A agressividade é causada por baixos valores do pH e alcalinidade e elevados de sulfetos e oxigênio dissolvido. Sin. água corrosiva.

*Água de desidratação* – Água que esteve em combinação química com certos minerais e que, mais tarde, ficou livre por reações químicas.

*Água gravitacional* – Água retirada de uma massa de rocha ou solo, na zona da saturação, pela ação direta da gravidade, sem que haja alimentação.

*Água higroscópica* – Água do solo que está em equilíbrio com o vapor de água atmosférica. É essencialmente, a água que a atração molecular pode reter, contrariando evaporação.

*Água incrustante* – Água que pode depositar matéria sólida, inicialmente em solução sobre qualquer superfície. A capacidade de incrustação está relacionada com altos valores de pH, alcalinidade e dureza.

*Água juvenil* – Água derivada do interior da Terra e que não existia previamente como água atmosférica ou superficial. Pode ter três origens principais: magmática, vulcânica e química. Sin. água interna.

*Água magmática* – Água que existe ou é derivada do magma ou em rocha fundida.

*Água meteórica* – Água atmosférica ou dela derivada.

*Água mineral* - Água que possui concentrações anormalmente altas de algumas substâncias químicas dissolvidas.

*Água mineromedicinal* – Água que possui propriedades que lhe conferem uma ação medicamentosa.

*Água primitiva* - Água que foi aprisionada no interior da terra (no estado molecular ou dissociada), quando da formação desta e que resulta da combinação de hidrogênio primitivo com o oxigênio de origem externa.

*Água subsuperficial* – Água que ocorre abaixo da superfície do solo.

*Água subterrânea* – Água contida na zona de saturação, da qual se abastecem os poços e as nascentes.

*Água suspensa* – Sin. de água vadosa.

*Água termal* – Água cuja temperatura na fonte é superior à temperatura ambiente.

*Água vadosa* – Água da zona de aeração. Sin. água suspensa.

*Alimentação* – Métodos ou processos por meio dos quais a água é absorvida e adicionada à zona de saturação. Este termo não é aplicado à absorção que apenas atinge faixa de água do solo ou a zona de retenção.

*Alteração* – Mudança na composição e/ou propriedades químicas de minerais e rochas causada por reações químicas (hidrólise, oxidação, etc.) que ocorrem durante o intemperismo. O feldspato, por exemplo, se altera para argila (caulinita) enquanto o quartzo é bastante resistente à alteração.

*Aluvião* – Depósito sedimentar não consolidado; constituído geralmente de cascalho, areia, silte e argila depositados na planície de inundação ou no leito de um rio.

*Anisotropia* - Em Hidrogeologia, variação de permeabilidade de um meio segundo determinada direção.

*Ano hidrológico* - Período compreendido entre o nível piezométrico mínimo, ou de estiagem, e o nível mínimo seguinte. É o período de referência do balanço hídrico anual. Raramente corresponde ao ano do calendário civil.

*Aqüicludo* - Unidade geológica capaz de conter água e de absorvê-la lentamente, mas de permeabilidade tão reduzida que não permite um fluxo significativo. Cf. camada confinante, aquífugo e aquítardo.

*Aquífero* - Unidade geológica que contém e veicula água em quantidades economicamente apreciáveis, de modo a servir como fonte de abastecimento. Sin. depósito, horizonte, leito, lençol, reservatório de água subterrânea, formação aquífera.

*Aquífero artesiano* – Sin. de Aquífero confinado.

*Aquífero confinado* – Aquífero compreendido entre duas camadas impermeáveis, estando a água nele contida sob pressão maior que a atmosférica. Sin. Aquífero artesiano, aquífero sob pressão, aquífero cativo, lençol cativo.

*Aquífero heterogêneo* – Aquífero onde as propriedades hidráulicas variam espacialmente.

*Aquífero livre* – Aquífero em que a superfície da água está submetida à pressão atmosférica. Sin. lençol freático, aquífero não confinado, freático.

*Aquífero não confinado* – V. aquífero livre.

*Aquífero semiconfinado* – Caso particular de aquífero confinado que pode receber recarga ou perder água através de estratos semipermeáveis adjacentes. Sin. aquífero semicativo.

*Aquífero sob pressão* – Sin. de aquífero confinado. Cf. aquífero semiconfinado.

*Aquífero suspenso* – Aquífero resultante do aprisionamento da água na zona de aeração por camadas periféricas impermeáveis.

*Aquífugo* – Unidade geológica impermeável que não absorve nem transmite água. Cf. aquícludo, aquítardo, camada confinante.

*Aquíitardo* – Unidade geológica pouco permeável que retarda, mas não impede, o fluxo de água de ou para aquíferos adjacentes. Cf. camada confinante, aquícludo e aquífugo.

*Área de alimentação* – Área de uma formação aquífera onde a água absorvida atinge a sua zona de saturação.

*Área de artesianismo jorrante* – Área na qual a água de um aquífero está sob pressão suficiente para subir à superfície do solo.

*Área de descarga freática* – Área na qual a água freática é descarregada, quer por nascente, quer por evapotranspiração.

*Área de evaporação* (de um curso de água) – Área constituída pelo próprio curso de água e por uma faixa úmida, em cada uma das margens, através da qual a água cedida pelo rio passa para a atmosfera.

*Areia* – O termo pode ter o significado de tamanho de grão (granulometria) ou de depósito sedimentar. No primeiro caso, significa partícula sedimentar de diâmetro entre 1/16 mm e 2 mm. No segundo caso, acumulação de sedimentos de granulometria 1/16 mm e 2 mm. O mineral mais abundante na fração areia é o quartzo: podem ocorrer também, feldspatos, micas e minerais pesados, dependendo da composição da área-fonte.

*Areno-argiloso* – Sedimento constituído de areia (predominante) e argila (menor proporção).

*Argila* – Pode significar granulometria – grãos sedimentares com diâmetro inferior a 1/256 mm: ou depósito sedimentar – sedimento muito fino com partículas imperceptíveis à vista desarmada (visíveis apenas através de análise por microscópios especiais), constituído de argila. Os minerais mais freqüentes na fração argila são os argilo-minerais formados pela alteração de outros minerais.

*Arqueano* – Subdivisão do tempo Pré- Cambriano cujo limite inferior é a idade da formação da Terra e o superior, estabelecido com base em datações radiométricas, é 2500 Ma (milhões de anos).

*Bacia artesianiana* – Tipo estrutural geológico ou combinação de estruturas nas quais a água está contida sob pressão.

*Bacia de água subterrânea* – Sin. de bacia hidrogeológica.

*Bacia de alimentação* (de um aquífero) – Conjunto das áreas de alimentação de um aquífero e de toda a região que lhe fornece água superficial.

*Bacia de drenagem* – Zona de relevo cujas águas de escoamento superficial e de descarga natural subterrânea se reúnem num único escoadouro. Sin. bacia hidrográfica.

*Bacia hidrogeológica* – Unidade estrutural geológica que determina um aquífero, condiciona a armazenagem e descarga das águas subterrâneas e portanto, as suas reservas. Sin. bacia de água subterrânea.

*Bacia hidrográfica* – V. bacia de drenagem.

*Bandamento* – Estrutura metamórfica comum em gnaisses, caracterizada pela alternância de faixas ou bandas de cor clara, ricas em quartzo e feldspato e faixas escuras ricas em biotita ou anfibólio.

*Barragem subterrânea* – Massa de material impermeável, ou com permeabilidade muito baixa, que ocorre abaixo da superfície numa posição tal que impede o movimento horizontal da água subterrânea e, conseqüentemente, causam uma diferença pronunciada no nível da superfície freática, em ambos os seus lados. Esta barragem pode ser natural ou artificial.

*Biotita* – Mineral do grupo das micas, preto a marrom-escuro ou verde-escuro, cuja composição é aluminossilicato hidratado de potássio, ferro e magnésio; comum em rochas ígneas da família do granito e em metamórficas do tipo xisto e gnaisses.

*Brasiliano* – denominação de um evento da história geológica com 0,6 Ga.

*Camada* – Espessura de sedimentos depositados sob condições físicas essencialmente constantes: unidade básica de uma rocha sedimentar, homogênea ou gradacional, formada pela deposição dos sedimentos ao longo da superfície da sedimentação original. A espessura pode variar de centímetros até dezenas de metros e a forma de tabular, lenticular a irregular.

*Camada confinante* – Camada que, devido à sua impermeabilidade, ou baixa permeabilidade e à sua posição em relação a um aquífero, produz neste, carga artesianiana ou normal. Se a camada impede ou retarda o movimento ascensional da água subterrânea, quando a água subjacente tem nível estático superior ao da água subjacente, diz-se positiva. Se a camada impede ou retarda o movimento descendente da água subterrânea diz-se negativa. Cf. aquícludo, aquífugo e aquítardo.

*Capacidade invertida* – Capacidade de recarga de um poço. Volume máximo de água por unidade de tempo admitido por um aquífero através de um poço.

*Captação* – Em Hidrogeologia, qualquer dispositivo que permita extrair a água contida em um aquífero ou sistema aquífero por gravidade, bombeamento ou outro meio qualquer de elevação.

*Características hidráulicas* (de um aquífero) – Propriedades do aquífero que condicionam a entrada, armazenagem e transmissão da água. São elas: porosidade efetiva e coeficientes de permeabilidade, transmissibilidade e armazenagem. Sin. características hidrodinâmicas, constantes de um aquífero, parâmetros hidrogeológicos.

*Características hidrodinâmicas* (de um aquífero) - Sin. características hidráulicas.

*Carste* – denominação dada aos fenômenos específicos que ocorrem nas rochas calcárias, como dolinas, poljé, sumidouros, uvalas, grutas ou cavernas, estalactites, estalagmites, etc. É definido pelas suas formas específicas e também pela circulação subterrânea.

*Cenozóico* – Divisão do tempo geológico que inclui os períodos Terciário e Quaternário: engloba o período de tempo compreendido entre 66 milhões de anos atrás e o presente.

*Chuva eficaz* - Parte da água de chuva que se infiltra e alcança a zona de saturação. Cf. infiltração eficaz.

*Ciclo hidrológico* - Sucessão de fases percorridas pela água ao passar da atmosfera à terra e vice-versa: evaporação do solo, do mar e das águas continentais; condensação para formar as nuvens; precipitação; acumulação no solo ou nas massas de água, escoamento direto ou retardado para o mar e reevaporação. (Organização Meteorológica Mundial).

*Coefficiente de armazenagem* – Volume de água liberado por um prisma vertical do aquífero de seção unitária e altura igual à espessura do mesmo, para um abaixamento unitário do nível piezométrico. Refere-se a aquíferos confinados e depende dos efeitos elásticos da água e do material do aquífero. Grandeza adimensional, geralmente compreendida entre  $10^{-4}$  e  $10^{-6}$ . Cf. coeficiente de restituição.

*Coefficiente de armazenagem específico* – É a variação da massa de água por unidade de volume do aquífero em um elemento de volume médio ao variar a pressão em uma unidade. A variação resulta da expansão da água e compressão do aquífero.

*Coefficiente de permeabilidade* – Volume de água que atravessa a unidade de área de seção transversal do aquífero na unidade de tempo, sob a ação de um gradiente hidráulico unitário. É portanto, a facilidade que um

determinado estrato geológico oferece ao escoamento da água através de uma seção definida. Tem as dimensões de L/T (Ex: m/ dia). Sin. condutividade hidráulica. Cf. coeficiente de transmissibilidade, permeabilidade.

*Coeficiente de restituição* – Volume de água efetivamente liberado por um prisma vertical de seção unitária e altura igual à espessura da camada saturada de um aquífero livre, para um abaixamento de nível unitário. Grandeza adimensional. Cf. coeficiente de armazenamento, retenção específica.

*Coeficiente de transmissibilidade* – É o produto do coeficiente de permeabilidade pela espessura do aquífero. Conseqüentemente, define o volume de água que atravessa um faixa vertical de largura unitária e altura igual à espessura do aquífero sob a ação de um gradiente hidráulico unitário. Tem as dimensões de  $L^2/T$  e é expresso geralmente em  $m^2/s$  ou  $m^2/dia$ . Sin. coeficiente de transmissividade. Cf. coeficiente de permeabilidade.

*Coeficiente de transmissividade* – Sin. de coeficiente de transmissibilidade, denominação preferível.

*Coeficiente de viscosidade* – Força tangencial necessária para atribuir uma velocidade relativa igual à unidade a duas camadas planas e paralelas de área unitária, separadas por uma distância igual à unidade e que se deslocam paralelamente uma à outra. Tem as dimensões  $ML^{-2}T$ .

*Complexo* – Unidade estratigráfica que inclui rochas metamórficas de alto grau e corpos ígneos não separáveis por mapeamento.

*Condutividade hidráulica* – Sin. de coeficiente de permeabilidade.

*Cone de depressão* – Superfície resultante do abaixamento da superfície piezométrica primitiva por remoção da água através de bombeamento. Tem uma forma cônica e seu limite externo define a área de influência do poço.

*Conglomerado* – Rocha sedimentar terrígena constituída de mais de 50% de partículas de tamanho superior a 2 mm. As partículas do conglomerado são predominantemente arredondadas e seu tamanho pode variar de matacão (diâmetro superior a 256 mm) a grânulo (2–4 mm). Fala-se então em conglomerado de matacão, conglomerado de bloco, conglomerado de seixo e conglomerado de grânulos. As partículas do conglomerado podem estar unidas por uma matriz arenosa ou argilosa, com todas as gradações entre estes termos, ou por um cimento natural formado pela precipitação química de carbonatos, óxidos de ferro ou outra substância mineral.

*Constantes de um aquífero* - Sin. de características hidráulicas.

*Contato litológico* – Superfície limite entre rochas diferentes.

*Correlação* – Determinação de equivalência em idade e/ou posição entre sucessões de camadas de rochas que ocorrem em áreas diferentes: método utilizado em Geologia para demonstrar a correspondência entre as partes de uma unidade geológica geograficamente separadas.

*Cota* – Distância vertical entre um ponto ou uma curva de nível e uma superfície de referência qualquer. Quando esta superfície de referência é o nível do mar, fala-se em altitude.

*Cráton* – porção estável, em um ou mais determinados períodos, da crosta terrestre.

*Curso de água contínuo* – Curso de água sem interrupção no espaço. Cf. curso de água perene, curso de água interrompido.

*Curso de água efêmero* – Curso de água que circula apenas como conseqüência direta da precipitação. Cf. curso de água intermitente.

*Curso de água efluente* – Curso de água que recebe descarga das águas subterrâneas.

*Curso de água influente* – Curso de água que abastece um aquífero.

*Curso de água intermitente* – Curso de água que circula apenas em certas ocasiões, quer alimentado por água de nascentes, quer por águas superficiais, ou por fusão da neve. Cf. curso de água efêmero.

*Curso de água interrompido* – Curso de água que tem trechos perenes com trechos interpostos intermitentes ou efêmeros, ou trechos intermitentes com trechos efêmeros interpostos. Cf. curso de água contínuo, curso de água perene.

*Curva de nível* – Linha de um mapa que representa a linha imaginária sobre a superfície terrestre que une pontos de igual elevação em relação a um plano ou superfície de referência, geralmente o nível do mar.

*Curva isopiezométrica* – Linha que une os pontos de igual elevação da superfície piezométrica de um aquífero. Sin. isopiezia, hidroisopiezia.

*Declividade* – Ângulo de inclinação em uma relação percentual, entre o desnível vertical (H) e o comprimento na horizontal da encosta (L). Declividade (%) =  $(H/L) \times 100$ .

*Deficiência higrométrica* – Diferença entre a tensão do vapor saturado, à temperatura superficial do solo e a tensão do vapor de água no ar ambiente. Sin. deficiência de saturação.

*Deficiência de saturação* – Sin. de deficiência higrométrica.

*Deformação dúctil* – Deformação na qual predomina o fluxo plástico da matéria.

*Deformação rúptil* – Deformação na qual predomina o processo de fragmentação.

*Demanda* – Quantidade de água requerida por uma determinada atividade (indústria, irrigação , etc.).

*Depósito de água subterrânea* - Sin. de aquífero.

*Descarga* – Em Hidrogeologia, volume de água que é, em um determinado período de tempo, liberado de um aquífero por processos naturais ou artificiais. Sin. caudal, débito. Cf. recarga.

*Descarga artesiânica* – 1) Processo de descarga de um poço devida à pressão artesiânica. 2) quantidade de água descarregada através de um poço artesiânico. Cf. descarga hidráulica.

*Descarga hidráulica* – Saída de água freática, no estado líquido, diretamente da zona de saturação para a superfície do terreno ou para uma massa de água Cf. descarga artesiânica.

*Descarga por evaporação* – Saída de água freática, no estado de vapor, para a atmosfera, seja pelos vegetais, seja pelo solo. Cf. evapotranspiração.

*Diabásio* – Rocha ígnea básica que ocorre geralmente como diques ou *sills*, de composição semelhante ao gabro (plagioclásio cálcico e piroxênio).

*Diáclase* – Plano de fraqueza que tende a separar em duas partes um bloco de rocha anteriormente uno, ao longo do qual não ocorre deslocamento visível entre os blocos. O mesmo que junta.

*Dique* – Corpo tabular de rocha discordante do acamamento da rocha encaixante: geralmente o dique é constituído de rocha ígnea.

*Dique clástico* – Corpo de rocha sedimentar ou metassedimentar aproximadamente tabular e discordante da estrutura da rocha encaixante. Forma-se pelo preenchimento sedimentar de fraturas ou fendas abertas em rochas preexistentes.

*Direção* – Orientação em relação ao norte do alinhamento definido pela interseção de um plano horizontal imaginário com o plano da camada (direção da camada), plano da xistosidade (direção da xistosidade), plano de falha (direção de falha), ou qualquer outro elemento planar da rocha.

*Discordância* – Descontinuidade estratigráfica em que as rochas que a delimitam não guardam paralelismo entre si. Implica em hiatus deposicionais e/ou erosionais, indicando que a sedimentação não foi contínua e que uma parte significativa do tempo geológico não está registrada naquele local.

*Disjunção esferoidal* – Feição resultante da alteração superficial de rochas, caracterizada por superfícies de desagregação curvas e concêntricas; a rocha parece esfoliar-se à semelhança de cascas de cebola.

*Dobra* – Curvatura em camadas rochosas produzida por esforços de compressão, magmatismo ou por deslizamento de rochas. Os dois tipos principais de dobra são: anticlinal- parte côncava da dobra voltada para baixo- os flancos da dobra convergem para cima estando as rochas mais antigas no núcleo da estrutura; e sinclinal- parte côncava da dobra voltada para cima- os flancos convergem para baixo estando as rochas mais novas no núcleo da estrutura.

*Dolomita* – Carbonato duplo de cálcio e magnésio cristalizado em romboedros. Quando entra na composição de uma rocha calcária, dá formas mais resistentes ao processo de carstificação.

*Drenagem* – Conjunto de operações e instalações destinadas ao rebaixamento da superfície piezométrica ou freática de uma área, pela remoção do excesso de água.

*Eficiência de um poço* – Relação entre o rebaixamento teórico e o rebaixamento medido verificado no poço. É função das perdas de carga devidas à penetração e à circulação da água na porção do aquífero próximo ao poço e dentro deste.

*Embasamento* – Grande extensão de rochas, geralmente gnaisses, migmatitos e granitos arqueanos, sobre as quais se depositam as rochas mais novas.

*Encosta* – Superfície natural inclinada. Declive que une duas outras superfícies caracterizadas por diferentes energias potenciais gravitacionais. O termo é mais utilizado em caracterizações regionais enquanto talude natural é mais empregado para descrições locais.

*Ensaio de bombeamento* – Ensaio realizado em um poço, em condições pré-determinadas e controladas, com objetivos vários, mas principalmente para determinar as características hidráulicas do aquífero conhecer o funcionamento e /ou especificar o equipamento de bombeamento do poço. Sin. teste de bombeamento. Cf. teste de aquífero.

*Enxames de diques* – Grande número de intrusões relativas ao mesmo episódio da história geológica.

*Erosão* – Remoção dos produtos do intemperismo pela água, vento ou outro agente geológico. Os processos erosivos são geralmente potencializados pela intervenção do homem sobre a natureza.

*Erosão em sulcos* – Remoção das partículas do solo pela água que escoar tendo seu fluxo concentrado em caminhos preferenciais que formam depressões pouco profundas na encosta.

*Erosão laminar* – Remoção das partículas do solo pela água que escoar pela encosta sem formação de canais definidos.

*Escala* – Relação entre uma dimensão do mapa e a medida real no terreno. Na escala 1:25.000, por exemplo, cada centímetro no mapa representa 25.000 cm no terreno, ou seja, 1 cm no mapa corresponde a 250 m no terreno. Pode ser expressa numérica ou graficamente.

*Escoamento subterrâneo* – Modo geral como pode circular ou fluir a água através da crosta terrestre.

*Escorregamento* – Movimento gravitacional de massa, de caráter instantâneo, com limites laterais e profundidades bem definidas- superfície de ruptura. Pode ser planar, em cunha e circular, dependendo da existência ou não de planos de fraqueza que condicionem a superfície de ruptura.

*Esfoliação esferoidal* – Feição resultante da alteração superficial de rochas, caracterizada por superfícies de desagregação curvas e concêntricas; a rocha parece esfoliar-se à semelhança de cascas de cebola.

*Estratificação* – Estrutura sedimentar caracterizada pela presença de estratos ou camadas.

*Evaporação* - Perda de água das superfícies aquáticas e do solo nu. A evaporação é geralmente determinada a partir das leituras de um tanque evaporimétrico, ou estimada por fórmulas empíricas, como a formulação de Penmam.

*Evapotranspiração* – Soma de todas as perdas de água devidas à sua transformação em vapor, quaisquer que sejam os fatores postos em jogo. Cf. descarga por evaporação.

*Evapotranspiração potencial* – Quantidade de água que seria evaporada e transpirada do solo, se as reservas de água fossem suficientes para compensar as perdas máximas. Os métodos mais comuns de estimativa da evapotranspiração potencial são os de Thornthwaite e Penmam.

*Evapotranspiração real* – Quantidade de água evapotranspirada nas condições naturais de umidade de solo.

*Evento* – episódio da história geológica terrestre.

*Exploração de água subterrânea* – Conjunto de operações que permitem o aproveitamento das águas contidas nos aquíferos.

*Exploração* – Fase do trabalho que envolve a extração do minério.

*Falha* – Descontinuidade na rocha ao longo da qual ocorre movimento relativo entre os blocos.

*Falha de empurrão* – Falha na qual um dos blocos de rocha é empurrado sobre o outro, cavalgando-o; indica encurtamento da crosta, implicando em esforços compressivos.

*Falha normal* – Falha na qual um dos blocos é abatido na mesma direção na qual mergulha o plano de falha, resultando num afastamento das camadas.

*Fanerítica* – Referente à textura ou rocha ígnea em que os minerais são visíveis à vista desarmada (sem auxílio de equipamentos óticos especiais). De acordo com o tamanho dos minerais pode ser: muito grossa- minerais maiores do que 3 cm; grossa- minerais entre 3 cm e 5 mm; média- minerais entre 5 mm e 1 mm; fina- minerais de tamanho inferior a 1mm.

*Feldspato* – Termo que engloba os minerais de composição aluminossilicato de potássio, sódio e cálcio. São divididos em feldspatos alcalinos e plagioclásios. São os minerais mais comuns na crosta terrestre, muito abundantes em rochas ígneas e metamórficas e comuns em alguns tipos de rochas sedimentares.

*Félsico* – Mineral (silicato) de cor clara, sem ferro e magnésio em sua composição, como, por exemplo, quartzo e feldspato; rocha ígnea rica em minerais félsicos.

*Fisiografia* – O mesmo que relevo.

*Fluxo básico* – Fluxo que passa em um curso de água em períodos sem chuva ou fusão de neve. Corresponde á descarga de águas subterrâneas exceto nos casos de rios com zonas pantanosas, lagos ou barragens , que exercem efeito regulador no escoamento direto.

*Fluxo de equilíbrio* – Fluxo de água que varia em magnitude ou direção com o tempo.

*Foliação* – Termo que se aplica às feições planares das rochas metamórficas, formadas pela disposição planar-paralela de minerais micáceos ou inequidimensionais.

*Foliação milonítica* – Estrutura planar resultante do fluxo plástico lamelar imposto por cisalhamento ao longo de zonas de fraqueza.

*Fonte* – Local ou zona em que a água subterrânea aflora à superfície do terreno como uma corrente ou fluxo de água. Sin. nascente, ressurgência.

*Fonte artesiana* – Fonte proveniente de um aquífero confinado, através de um teto impermeável por meio, geralmente, de uma falha. Sin. nascente artesiana.

*Fonte de contato* – Fonte localizada no contato ou próxima da base impermeável do aquífero. Sin. nascente de contato.

*Fonte emergente* – Fonte resultante de uma interseção de superfície piezométrica do aquífero com a superfície do solo, sem intervenção visível de uma camada impermeável. Sin. nascente emergente.

*Fonte ressurgente* – Saída de água de um rio subterrâneo proveniente, em parte, de uma perda de um curso de água superficial. Sin. nascente ressurgente.

*Formação* – Unidade fundamental da litoestratigrafia; estrato ou conjunto de estratos constituído por uma ou mais litologias que em seu conjunto representa um corpo homogêneo distinto das unidades adjacentes e mapeável em escala 1:25.000.

*Formação aquífera*. V. aquífero.

*Franja capilar* – Parte inferior da zona de aeração (V.) e que tem água em maior grau de saturação.

*Fatura* – Plano de fraqueza nas rochas ao longo do qual não há movimentação perceptível dos blocos rochosos. Designa também planos de ruptura de minerais.

*Freático* – V. aquífero livre.

*Freatófito* – Planta que obtém, habitualmente, a sua água da zona de saturação, quer diretamente, quer através da franja capilar.

*Geocronologia* – Ramo da Geologia que apoiado em dados geológicos e de datações radiométricas estuda a idade das rochas e dos eventos geológicos.

*Geoidrologia* – Sin. de Hidrogeologia.

*Geologia* – Ciência que estuda a composição, propriedades, história evolutiva e riquezas minerais da Terra.

*Geomorfologia* – Ramo da Geografia, na interface com Geologia, que estuda as formas, origem e evolução do relevo atual.

*Gnaisse* – Rocha metamórfica bandada constituída por bandas de cor clara com predominância de quartzo e feldspato e bandas de cor escura, geralmente ricas em biotita e/ou anfibólio. Quanto à origem, pode ser: ortognaisse, se derivado de metamorfismo sobre rochas magmáticas do tipo granito, granodiorito, dentre outras; e paragnaisse, quando formado a partir de rochas sedimentares como grauvacas e lamitos.

*Gradiente hidráulico* – Diferença de pressão por unidade de distância medida ao longo de uma linha de fluxo. Equivalente à perda de carga por unidade de trajeto, ou perda de carga unitária. Cf. perda de carga.

*Granito* – Rocha ígnea plutônica, de cor clara, granulação média a grossa (os minerais são perceptíveis à vista desarmada) constituída de feldspato alcalino, quartzo e menor proporção de biotita e/ou anfibólio. Distingue-se do gnaisse pela estrutura maciça- não bandada e sem orientação expressiva de seus minerais. Diz-se composição granítica àquela similar ao granito, independente da origem ígnea ou metamórfica da rocha.

*Granitóide* – Rocha ígnea ou metamórfica de granulação média a grossa (minerais visíveis à vista desarmada e maiores que 1 mm), rica em quartzo (mais de 20%) e feldspato, podendo conter biotita ou anfibólio. Inclui rochas de composição similar a granitos, granodioritos e tonalitos.

*Granodiorito* – Rocha ígnea da família dos granitos onde a proporção de plagioclásio é equivalente (ou predominante) à de feldspato alcalino. Geralmente contém mais minerais máficos (biotita ou hornblenda) do que o granito *strictu sensu*.

*Granulação* – Termo que se refere ao tamanho dos minerais de uma rocha; granulação fina: minerais menores que 1 mm; granulação média: minerais entre 1 mm e 5 mm; granulação grossa: minerais entre 5 mm e 3 cm; muito grossa: minerais maiores do que 3 cm.

*Granulometria* – Tamanho das partículas de rochas sedimentares clásticas: os termos mais utilizados para tamanhos de partículas sedimentares, da mais fina para a mais grossa, são: argila, silte, areia, grânulo, seixo, bloco e matacão.

*Grau geotérmico* – Distância vertical, medida na crosta, para a qual a temperatura varia de 1°C. Seu valor é, em média, 33 m. O grau geotérmico varia segundo a natureza da rocha, a estrutura geológica e a presença de fontes secundárias de calor.

*Grupo* – Unidade litoestratigráfica de categoria superior à Formação, constituída pela associação de Formações por superfícies de descontinuidade.

*Hidrogeologia* – Ciência que trata da ocorrência, distribuição e movimento das águas subterrâneas, tendo em conta suas propriedades físicas e químicas, suas interações com o meio físico e biológico e suas reações à ação do homem. Sin. Geoidrologia, Hidrologia das Águas Subterrâneas.

*Hidrologia das águas subterrâneas* - Sin. de Hidrogeologia.

*Hogback* – Termo inglês para definir uma estrutura inclinada semelhante à de uma *cuesta*, mas na qual o mergulho das camadas é, geralmente superior a 30°.

*Índice de Langelier* - Parâmetro que indica as características de corrosão ou de incrustação de água. É expresso por pH-pH<sub>s</sub>, em que pH indica a concentração de íons hidrogênio na amostra de água e pH<sub>s</sub> é o pH da mesma água quando saturada de sólidos dissolvidos. Quando o parâmetro é positivo, a água é incrustante; quando é negativo, a água é corrosiva.

*Infiltração* - Movimento da água através da litosfera (solo e subsolo) ou através das paredes de grandes aberturas nela existentes, tais como cavernas ou escavações artificiais, ocupando os interstícios das formações geológicas subjacentes. Cf. percolação.

*Intemperismo* – Conjunto de processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem à superfície ou muito próximo à superfície terrestre e que causam a desagregação e/ou decomposição das rochas. Intemperismo e erosão constituem as etapas iniciais do ciclo sedimentar, fornecendo partículas de diversos tamanhos (cascalho, areia, silte, argila) e íons que serão transportados por agentes naturais até a bacia de sedimentação onde se depositam constituindo os sedimentos. Estes sedimentos, por compactação e cimentação, transformam-se em rochas sedimentares.

*Interface* – Limite entre dois fluidos imiscíveis. 2. Em uma intrusão marinha, superfície de separação entre a água doce e a água salgada.

*Intrusiva* – Rocha ígnea formada em condições de subsuperfície: magma que resfria e cristaliza no interior da crosta.

*Isopieza* – Sin. de curva isopiezométrica.

*Isotropia* – Em Hidrogeologia, propriedade de um meio no qual a permeabilidade é igual em todas as direções. Cf. anisotropia.

*Isotrópica* – Que não mostra estrutura interna: aspecto uniforme, sem orientação preferencial de minerais.

*Itabirito* – Quartzito hematítico, rocha metamórfica, xistosa, constituída de grãos de quartzo e palhetas de hematita micácea.

*Jazida* – Massa individualizada de substância mineral ou fóssil, de valor econômico, encontrada na superfície ou sub-superfície terrestre.

*Jusante* – Na direção em que correm as águas de um rio.

*Laminação* – estrutura de origem sedimentar formada por finos estratos de espessura milimétrica denominados lâminas.

*Lei de Darcy* – Lei segundo a qual a quantidade de fluxo através do meio poroso é proporcional à permeabilidade, área da seção transversal ao fluxo e ao gradiente hidráulico. Em sua forma mais simples é expressa por  $Q = KiA$  ou  $Q/A = v = Ki$ , onde  $Q$  é a taxa de fluxo ( $m^3$ ) e  $v$  é a velocidade de fluxo (m/dia).

*Lençol de água subterrânea* - Sin. de aquífero.

*Lençol freático* – Sin. de aquífero livre. Superfície d'água que limita a zona saturada da zona não saturada do subsolo.

*Linha de fluxo* – Linha que indica o caminho percorrido por uma partícula de água ao se deslocar dentro do aquífero. Cf. linha eqüipotencial.

*Linha eqüipotencial* – Linha que une os pontos de igual pressão hidrostática de um aquífero. Cf. linha de fluxo.

*Litoestratigrafia* – Ramo da estratigrafia que se baseia em aspectos físicos/litológicos das rochas; uma unidade litoestratigráfica é um corpo delimitado de rocha sedimentar, vulcânica, metassedimentar ou metavulcânica diferenciado e delimitado com base em características litológicas e posição estratigráfica.

*Litologia* – estudo das rochas; descrição sistemática das rochas no que se refere a composição mineralógica e textura-estrutura.

*Litossolo* – Solo de pouca espessura até a rocha fresca, rico em fragmentos da rocha que constitui o substrato local; nas regiões de clima quente e úmido ocorre em vertentes de declividade acentuada e/ou sobre áreas de rochas resistentes à decomposição ou alteração. É também chamado de solo litólico.

*Lixiviação* – Termo da metalurgia que significa lavagem com água alcalinizada. Em geologia, refere-se ao processo de remoção dos elementos solúveis de uma rocha, carregados por soluções aquosas que penetram nas rochas através dos poros e dos planos de descontinuidades.

*Máficos* – porção da rocha rica em minerais de cor escura.

*Mapa geológico* – Mapa que mostra a distribuição em área e a posição espacial e temporal dos diferentes tipos de rocha que constituem o substrato de uma região.

*Mapa hidrogeológico* – Representação cartográfica de fenômenos e/ou características das águas subterrâneas de uma região ou aquífero.

*Matacão* – Partícula sedimentar de diâmetro superior a 25,6 cm.

*Meio heterogêneo* – Meio no qual uma propriedade varia de um lugar para outro. Cf. meio homogêneo.

*Meio homogêneo* – Meio cujas propriedades são constantes em todos os lugares.

*Mergulho* – Ângulo máximo formado entre o plano de uma camada (ou qualquer outro elemento planar de uma rocha) e um plano horizontal imaginário.



*Metabásica* – Rocha ígnea básica (basalto, diabásio, gabro) metamorfoisada; composição ou rocha metamórfica rica em óxidos de ferro, magnésio e cálcio e alumina. Esta composição geralmente produz clorita, actinolita e epidoto sob condições de metamorfismo de baixa temperatura (xisto-verde) e hornblenda em temperaturas mais altas (anfíbolito).

*Metabasito* – Rocha ígnea básica metamorfoisada.

*Metamorfismo* – Processo geológico que causa modificações mineralógicas, texturais e estruturais em qualquer rocha submetida a condições físicas e químicas distintas daquelas operantes quando de sua formação. Por definição, as transformações metamórficas ocorrem com os materiais em estado essencialmente sólido e excluem as transformações causadas pelo intemperismo e diagênese (transformação dos sedimentos em rochas sedimentares).

*Metassedimentar* – Termo genérico que designa rocha metamórfica de origem sedimentar em que é possível encontrar indícios desta origem. Quartzito, metaconglomerado, metagrauvaca são exemplos de rochas metassedimentares.

*Mineração de água subterrânea* – Ato de extrair-se, de uma bacia de águas subterrâneas, mais água do que a recarga média anual. Sin. super exploração.

*Mineral* – Elemento ou substância de ocorrência natural, inorgânica, de composição química e estrutura cristalográfica definidas.

*Mineral micáceo* – Mineral que apresenta finos planos de fraqueza (clivagem) ao longo dos quais pode se desagregar como folhas finíssimas. Inclui mica branca (muscovita), mica preta (biotita), mica branca e diminuta (sericita), mica verde (clorita), dentre outros.

*Montante* – Para o lado da nascente de um rio; a partir de onde corre o rio.

*Muscovita* – Mineral micáceo branco, incolor ou cinza-claro de composição aluminossilicato hidratado de potássio. Desagrega-se sob pressão em finas folhas flexíveis e elásticas.

*Nascente* – Sin. de fonte.

*Nascente artesianiana* – Sin. de fonte artesianiana.

*Nascente de contato* – Sin. de fonte de contato.

*Nascente emergente* – Sin. de fonte emergente.

*Nascente ressurgente* – Sin. de fonte ressurgente.

*Neoproterozóico* – Divisão do Proterozóico que compreende o intervalo de tempo entre 1000 Ma., e cerca de 573 Ma. (milhões de anos).

*Nível dinâmico* – Posição do nível da água dentro da área de influência de qualquer poço em bombeamento. Sem outra indicação, trata-se da posição do nível da água no próprio poço para um determinado tempo de bombeamento e para uma determinada vazão. Sin. nível hidrodinâmico. Cf. nível estático.

*Nível estático* – Posição do nível da água no poço quando este não está sendo bombeado e atingiu o equilíbrio com a pressão hidrostática. Sin. nível hidrostático. Cf. nível dinâmico.

*Nível freático* - Sin. de superfície do freático.

*Nível hidrodinâmico* – Sin. de nível dinâmico.

*Nível hidrostático* – Sin. de nível estático.

*Ocorrência mineral* – Local onde ocorrem minerais ou rochas com potencial para o aproveitamento econômico mas que ainda não dispõe de estudos técnicos para dimensionar, com segurança, este potencial.

*Paleoproterozóico* – Divisão do Proterozóico que compreende o intervalo de tempo entre 2500 Ma. e 1600 Ma. (milhões de anos).

*Parâmetros hidrogeológicos* - Sin. de características hidráulicas.

*Pegmatito* – Rocha freqüentemente de composição granítica, caracterizada por grandes cristais de quartzo, feldspato e outros minerais.

*Pelito* – Rocha criptoclástica formada de materiais muito finos, os quais podem, também, se apresentar consolidados ex: vasa, argilito, etc.

*Percolação* – Movimento da água através dos interstícios da rocha, ou do solo, sob pressão hidrostática, excetuando-se o movimento através de grandes fendas, tais como cavernas. Cf. infiltração.

*Perda de carga* – Perda de energia hidráulica por atrito resultante do deslocamento de água num meio poroso ou através de condutos. Cf. gradiente hidráulico.

*Permeabilidade* – 1. Propriedade de uma formação de se deixar atravessar pela água quando submetida a uma certa carga hidráulica. 2. Cf. coeficiente de permeabilidade.

*Piezômetro* – Poço geralmente de pequeno diâmetro situado nas proximidades de um poço de bombeamento, utilizado para observação das variações do nível de água nos aquíferos. Cf. poço de observação.

*Piroxênio* – Grupo de minerais compostos de silicato de ferro, magnésio, cálcio e outros elementos com duas direções de clivagem que formam um ângulo de cerca de  $87^{\circ}$  entre si (compreende mais de duas dezenas de minerais).

*Pluvial* – Referente à chuva.

*Poço (de água)* - Perfuração vertical, geralmente de forma cilíndrica, destinada à captação de água subterrânea.

*Poço artesiano* – Poço que capta água de um aquífero confinado. O nível da água, no poço, eleva-se além do topo da formação aquífera. Cf. poço surgente.

*Poço completo* – Poço com zona filtrante abrangendo a totalidade da espessura do aquífero. Sin. poço totalmente penetrante. Cf. poço incompleto.

*Poço de recarga* – Poço usado para injetar água em um ou mais aquíferos, visando normalmente, ao aumento das reservas disponíveis. Sin. poço de injeção.

*Poço escavado* – Poço de grande diâmetro, aberto com ferramentas manuais ou por meio de pá mecânica, ou outra máquina semelhante. Cf. poço manual.

*Poço jorrante* – Sin. de poço surgente.

*Poço manual* – Poço geralmente de grande diâmetro escavado com ferramenta manual. Cf. poço escavado.

*Poço parcialmente penetrante* – Poço incompleto no qual a zona filtrante abrange apenas parte da espessura do aquífero iniciando-se no topo ou na base do mesmo.

*Poço surgente* – Poço que capta água de aquífero confinado, cujo nível piezométrico eleva-se acima da superfície do terreno. Sin. poço jorrante. Cf. poço artesiano.

*Poço totalmente penetrante*. Sin. de poço completo.

*Poço tubular* – Poço de diâmetro reduzido, geralmente profundo, perfurado com equipamento especializado de sondagem.

*Ponto de cavitação* – Em um sistema de fluxo, ponto em que a velocidade da água é teoricamente infinita. Cf. ponto de estancamento.

*Ponto de estancamento* – Em um sistema de fluxo, ponto em que velocidade da água é nula. Cf. ponto de cavitação.

*Porfiroblasto* – Mineral de rochas metamórficas, significativamente maior do que os grãos da matriz e que cresceu no estado sólido, antes, durante ou após a deformação.

*Porfiroclasto* – Grão de rochas metamórficas, significativamente maior do que os grãos da matriz, interpretado como relíquia relativamente rígida, não- recristalizada, de grãos grandes que sobreviveram em uma matriz deformada e dinamicamente recristalizada.

*Porosidade* – Propriedade que tem uma rocha de conter interstícios. Quantitativamente, se expressa como a relação entre o volume total de vazios e o volume total da rocha, em porcentagem.

*Porosidade eficaz* – Relação entre o volume de água gravitacional e o volume total da rocha. Expressa-se em porcentagem.

*Porosidade primária* – Porosidade resultante dos processos geológicos de formação das rochas.

*Porosidade secundária* – Porosidade resultante de processos geológicos posteriores à formação da rocha (juntas, fraturas, cavidades de dissolução, etc.).

*Pré- Cambriano* – Divisão do tempo geológico compreendido entre a formação da Terra e a base do Cambriano, cerca de 573 Ma. (milhões de anos).

*Profundidade útil de um poço* – Distância que vai da superfície do terreno à base da zona por onde penetra água no poço.

*Proterozóico* – Divisão do Pré- Cambriano cujo limite inferior situa-se em 2500 Ma., e o superior, na base do Cambriano, a cerca de 573 Ma. (milhões de anos). É dividido em três Eras denominadas, da mais antiga para a mais nova: Paleoproterozóico, Mesoproterozóico e Neoproterozóico.

*Província de água subterrânea* – Área ou região em que a geologia e o clima se combinam de forma a produzir condições hidrogeológicas tais que permitam generalizações.

*Psamito* – denominação usada para rochas clásticas, cujo diâmetro do material é menor do que os seixos. Trata-se, por conseguinte, dos acamamentos de areias lapidificadas, ou não. O tipo de rocha que tem textura psamítica é o arenito.

*Psefito* – Rocha macro clástica formada de elementos grosseiros, rolados ou não, ex; conglomerados, brechas, etc.

**Quartzito** – Rocha metamórfica constituída essencialmente por quartzo (mais de 80% da rocha). A foliação é ausente a pouco desenvolvida. Provêm do metamorfismo sobre rochas sedimentares do tipo arenito. Pode manter a estrutura original da rocha sedimentar como estratificação cruzada, acamamento, etc.

**Quartzo** – Mineral constituído por óxido de silício (SiO<sub>2</sub>), incolor, róseo, amarelo (citrino), lilás (ametista) ou leitoso, brilho vítreo, dureza elevada (risca o vidro), sem clivagem. Abundante em rochas ígneas da família do granito e mineral essencial de rochas sedimentares do tipo arenito e metamórficas do tipo quartzito.

**Raio de influência do poço** – Distância do centro do poço ao limite da base do cone de depressão.

**Razão de absorção do sódio** – Parâmetro hidroquímico utilizado como índice de qualidade da água para irrigação devido a sua relação direta com a adsorção do sódio pelo solo. É dado por  $RAS = Na^+ / [(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2]^{1/2}$ , onde as concentrações são dadas em miliequivalentes por litro.

**Rebaixamento** – Distância vertical entre o nível estático e o nível dinâmico em um determinado instante do bombeamento. Sin. abaixamento. Cf. recuperação.

**Rebaixamento específico** – Relação entre o rebaixamento no poço e a sua vazão. É geralmente expresso em m/m<sup>3</sup>/h.

**Rebaixamento residual** – Distância vertical entre o nível estático e o nível em que se encontra a água em um dado instante durante o período de recuperação. Sin. abaixamento residual.

**Recarga natural** – Sin. de infiltração eficaz.

**Recarga** – Processo pelo qual a água é adicionada a um aquífero. Cf. descarga, infiltração eficaz.

**Recuperação** – Ascensão do nível da água em um poço após a parada do bombeamento. Cf. rebaixamento.

**Recurso mineral** – Toda substância natural de origem mineral que pode ser utilizada pelo homem; somatório das reservas minerais conhecidas e não conhecidas de uma determinada região.

**Recurso natural** – Suprimento de alimentos, minerais, água e energia obtidos da Terra e necessários à sociedade humana.

**Rede de fluxo** – Conjunto ortogonal de linhas de fluxo e linhas eqüipotenciais. Cf. linha de fluxo, linha eqüipotencial.

**Regime de água subterrânea** – Volumes de água passíveis de serem explorados sem que ocorra desequilíbrio sensível no sistema aquífero. Normalmente correspondem às reservas reguladoras.

**Regime de equilíbrio** – Regime em que o cone de depressão se estabiliza ao fim de certo tempo de bombeamento como resultado do equilíbrio ocorrido entre vazão bombeada e a recarga do aquífero. Sin. regime permanente, regime estacionário.

**Regime de não equilíbrio** – Regime em que, no bombeamento, o cone de depressão não se estabiliza, continuando a crescer indefinidamente. Ocorre quando o equilíbrio não é reabastecido e a água extraída do poço procede do armazenamento ou quando não ocorre equilíbrio. Sin. regime não permanente, regime transitório.

**Regime estacionário** – Sin. de regime de equilíbrio.

**Regime não permanente** – Sin. de regime de não equilíbrio.

**Regime permanente** – Sin. de regime de equilíbrio.

**Regime transitório** - Sin. de regime de não equilíbrio.

**Regolito** – Material de alteração, inconsolidado, de espessura variável, sem organização pedológica, que recobre a rocha como depósito coluvial.

**Relevo** – Conjunto heterogêneo de formas que compõem a superfície terrestre, resultante da ação conjugada das forças internas e externas do planeta.

**Reservas permanentes** – Volume de água disponível na porção do aquífero delimitada pela sua base e pela superfície piezométrica mínima anual.

**Reservas reguladoras** – Volume de água disponível armazenada na porção do aquífero delimitada pelas superfícies piezométricas mínima e máxima, no curso de um ano hidrológico. Cf. reservas exploráveis.

**Reservas totais** - Soma das reservas permanentes e das reservas reguladoras.

**Reservatório de água subterrânea** - Sin. de aquífero.

**Resistência hidráulica** - Resistência das camadas semipermeáveis à filtração vertical. É dada pela reação entre a espessura saturada e a condutividade hidráulica da camada semipermeável. Geralmente expressa em dias. Cf. fator de filtração.

**Ressurgência** - Sin. de fonte.

**Retenção específica** - Quantidade de água retida por unidade de volume de formação, expressa em porcentagem. Cf. coeficiente de restituição.

*Rocha* – Agregado natural de um ou mais minerais, constituinte fundamental da crosta terrestre. O termo rocha implica em que arranjo e composição tenham uma certa persistência temporal não sendo aplicável para acumulações inconsolidadas do tipo cascalho, areia e argila. As rochas podem ser divididas em três grandes grupos, segundo sua origem: magmática (ou ígnea), sedimentar e metamórfica.

*Rocha-fonte* – Rocha que por desagregação e/ou decomposição fornece os sedimentos.

*Rocha ígnea* – Rocha resultante da solidificação e/ou cristalização de uma fusão natural, silicatada denominada de magma. Pode ser vulcânica ou extrusiva - quando o resfriamento do magma ocorre à superfície terrestre (por exemplo: basalto, riolito); plutônica - quando o resfriamento se dá no interior da crosta, em grande profundidade (gabro, granito, tonalito); e hipoabissal- com resfriamento no interior da crosta, em profundidades intermediárias (diabásio).

*Rocha impermeável* - Rocha cuja textura não permite à água mover-se através dela, perceptivelmente, sob a ação da pressão ordinariamente existente na água subterrânea.

*Rocha magmática* – O mesmo que rocha ígnea.

*Rocha metamórfica* – Rocha formada a partir de outras rochas previamente existentes que tiveram sua textura/estrutura ou composição mineralógica modificadas por efeito das condições de temperatura e/ou pressão a que foram submetidas, em geral superiores às que existiam quando de sua formação. Filito, xisto, gnaisse, quartzito, mármore, itabirito, metaconglomerado, são exemplos de rochas metamórficas.

*Rocha permeável* - Rocha cuja textura permite à água mover-se através dela, nas condições de pressão ordinariamente encontradas nas águas subterrâneas.

*Rocha sedimentar* – Rocha formada pela consolidação ou litificação de sedimentos. Pode ser terrígena - formada pela consolidação de partículas sedimentares que foram transportadas no estado sólido, da área de fornecimento até a bacia de sedimentação (por exemplo: conglomerado, arenito, argilito); química - formada pela consolidação de sedimentos originados pela precipitação química (por exemplo: calcário, dolomito, *chert*); e orgânica - formada pela acumulação de restos orgânicos (por exemplo: carvão, linhito).

*Saprólito* – Material friável resultante da decomposição da rocha *in situ*; em geral apresenta cores variegadas, traços da estrutura da rocha, argila e minerais em diferentes estágios de alteração; quartzo pode estar presente, se a rocha original contém este mineral.

*Seleção* – Medida do grau de dispersão da granulometria do sedimento.

*Silte* – Sedimento constituído por grãos diminutos de diâmetro entre 1/16 mm e 1/256 mm, geralmente de quartzo.

*Silto-arenoso* – Sedimento constituído de silte (predominante) e areia (menor proporção).

*Silto-argiloso* – Sedimento constituído de silte (predominante) e argila (menor proporção).

*Sistema aquífero* - Unidade geológica com alternância de camadas de permeabilidades diferentes que, em sentido regional, podem ser consideradas como uma unidade hidráulica.

*Solo* – Produto da alteração química, física e bioquímica de rochas ou de depósitos coluviais e aluviais, constituído de sólidos (minerais e orgânicos), água e ar e organizado em camadas (horizontes pedológicos). Varia em natureza e morfologia em função de variações do meio de alteração, tempo de atuação dos processos e material de origem.

*Super exploração* - Sin. de mineração de água subterrânea.

*Superfície do freático* - Superfície superior da zona da saturação dos aquíferos livres. Sin. nível freático. Cf. superfície piezométrica.

*Superfície piezométrica* - Superfície imaginária correspondente ao nível da pressão hidrostática nos aquíferos confinados. O nível da água em um poço que penetra em um aquífero define a superfície piezométrica naquele ponto. Cf. superfície do freático.

*Supergupo* – Unidade litoestratigráfica maior, formada por conjuntos de Grupos ou Grupos e Formações.

*Termometria* - Medição e registro das variações de temperatura ao longo de uma sondagem.

*Teste de aquífero* - Ensaio de bombeamento (V.) realizado com a finalidade de determinar as características hidráulicas de um aquífero.

*Teste de bombeamento* - V. ensaio de bombeamento.

*Textura granoblástica* – Arranjo metamórfico de grãos equidimensionais, de acentuado caráter isotrópico (não orientado). Comum em rochas constituídas por quartzo (quartzito), quartzo e feldspato (гнаisse), calcita ou dolomita (mármore).

*Textura lepidoblástica* – Arranjo orientado (anisotrópico) de minerais planares do tipo mica, formado durante o metamorfismo. Textura característica de xistos e filitos.

*Textura nematoblástica* – Arranjo orientado (anisotrópico) resultante da disposição paralela, ou quase, de minerais prismáticos, como hornblenda. Textura comum em anfíbolitos.

*Transamazônico* – denominação de um evento da história geológica com 2,8Ga.

*Transmissibilidade* - Capacidade de um aquífero de transmitir água. Sin. transmissividade. Cf. coeficiente de transmissibilidade.

*Transmissividade* - Sin. de transmissibilidade, termo preferível.

*Ultramáfica* – Rocha ígnea constituída quase que exclusivamente por minerais máficos como piroxênio e olivina.

*Unidade litoestratigráfica* – Corpo de rocha diferenciado e delimitado a partir de critérios litológicos e posição estratigráfica.

*Vazão* - Sin. de descarga.

*Vazão artesianã* - Vazão que um poço debita à superfície em resultado da pressão artesianã. Sin. vazão jorrante.

*Vazão crítica* - Vazão a partir da qual ocorre sensível redução da eficiência de um poço.

*Vazão do poço* - Volume de água extraído do poço por unidade de tempo. Geralmente expresso em m<sup>3</sup>/h ou l/s. Cf. capacidade (de um poço).

*Vazão específica (de um poço)* - Vazão obtida por unidade de rebaixamento verificado no poço quando em bombeamento.

*Vazão ótima* - Vazão otimizada (maximizada) sob condições econômicas e hidrodinâmicas que não prejudique o sistema aquífero.

*Veio* – Corpo rochoso de geometria tabular a irregular e tortuoso, geralmente pouco espesso, de litologia diferente da encaixante, constituído freqüentemente de rocha ígnea ou de quartzo.

*Voçoroca* – Ravina profunda que atinge o lençol freático; ao atingir o lençol freático ocorre erosão interna ou *piping* que promove a remoção do material do fundo e das paredes, causando o avanço da erosão para o interior do terreno.

*Xisto* – Rocha metamórfica de granulação média a grossa caracterizada por marcante estrutura planar resultante da disposição plano-paralela dos minerais lamelares, principalmente minerais micáceos. Esta estrutura planar é denominada xistosidade e constitui planos de fraqueza ao longo dos quais a rocha se parte. Diferencia-se do filito por ter seus minerais reconhecidos à vista desarmada. Quando a soma dos minerais perfaz mais de 50% da rocha, ela é denominada mica-xisto e pode ser qualificada de acordo com o tipo de mica presente: biotita-xisto, muscovita-xisto, clorita-xisto.

*Xistosidade* – Estrutura metamórfica caracterizada por finos e sucessivos planos resultantes da disposição plano-paralela de minerais micáceos. A rocha tende a se partir ao longo destes planos de xistosidade. Estrutura característica dos xistos.

*Zona de aeração* - Faixa compreendida entre o nível freático (superfície freática) e a superfície do solo. De baixo para cima, podem distinguir-se, segundo o grau de saturação: (1) franja capilar, (2) zona de retenção e (3) zona da evapotranspiração. Cf. faixa de água do solo.

*Zona de evapotranspiração* - Parte superior da zona de aeração limitada superiormente pela superfície do solo e submetida à evapotranspiração.

*Zona de heterotermia* - Trecho superior da crosta terrestre submetida à influência do fluxo de calor solar.

*Zona de homotermia* - Parte da crosta terrestre não influenciada pelo calor de origem solar, que se segue à zona de heterotermia e onde a temperatura é devida ao fluxo de calor proveniente do interior da Terra; a temperatura, nesta zona, está relacionada com o gradiente geotérmico.

*Zona de retenção* - Faixa intermediária da zona de aeração e que contém água vadosa intermediária.

*Zona de saturação* - Faixa em que todos os poros estão preenchidos com água, sob pressão hidrostática, correspondendo à zona de armazenamento da água subterrânea.

**Belo Horizonte  
2005**



Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral    Ministério de Minas e Energia

