

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA  
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS**

**GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
SECRETARIA DE MINAS E ENERGIA  
COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS**

# **PROJETO BACIA DO SÃO FRANCISCO**

**PROVÍNCIA MINERAL BAMBUÍ (MG)**

**Coordenação:** Claiton Piva Pinto, Geól. MSc.

**Comitê Gestor:** Claiton Piva Pinto - CPRM  
José Fernando Coura - SEME  
Marcelo Arruda Nassif - COMIG

**DIAGNÓSTICO DE USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA  
DO MUNICÍPIO DE DOM BOSCO**

**Execução:**

Ely Soares de Oliveira

**Coordenação:**

Maria Antonieta Alcântara Mourão

**Apoio:**

Angélica Garcia Soares  
Reynaldo Murilo D. A. de Brito

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

*José Jorge de Vasconcelos Lima*  
**Ministro de Estado**

**SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA**

*Luciano de Freitas Borges*  
**Secretário de Minas e Metalurgia**

**CPRM—SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

*Umberto Raimundo Costa*  
**Diretor- Presidente**

*Luiz Augusto Bizzi*  
**Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

*Thales de Queiroz Sampaio*  
**Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial**

*Paulo Antônio Carneiro Dias*  
**Diretor de Relações Institucionais e  
Desenvolvimento**

*José de Sampaio Portela Nunes*  
**Diretor de Administração e Finanças**

*Sabino Orlando C. Loguércio*  
**Chefe do Departamento de Geologia**

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

**SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE  
BELO HORIZONTE**

*Oswaldo Castanheira*  
**Superintendente**

*Claiton Piva Pinto*  
**Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

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

*Maria Letícia Rabelo Alves Patrus*  
**Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial**

**GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

*Itamar Augusto Cautiero Franco*  
**Governador**

**SECRETARIA DE MINAS E ENERGIA**

*Luís Márcio Ribeiro Vianna*  
**Secretário de Estado**

*José Fernando Coura*  
**Secretário Adjunto**

*Paulo Nantes dos Santos*  
**Superintendente de Recursos Minerais**

*Hélcio Santos Cambraia*  
**Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

**COMPANHIA MINERADORA DE  
MINAS GERAIS - COMIG**

*Henrique Eduardo Ferreira Hargreaves*  
**Diretor-Presidente**

*Marcelo Arruda Nassif*  
**Diretor de Desenvolvimento Mineral**

*Marco Aurélio Martins da Costa Vasconcelos*  
**Diretor de Administração e Finanças**

*Jólcio Carvalho Pereira*  
**Diretor de Desenvolvimento e Controle de  
Negócios**

# APRESENTAÇÃO

---

O Projeto São Francisco é resultado do convênio entre a CPRM - Serviço Geológico do Brasil, empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia e a Secretaria de Estado de Minas e Energia - SEME e Companhia Mineradora de Minas Gerais, para executar trabalhos de mapeamento geológico e avaliação de recursos minerais e hídricos subterrâneos na bacia do São Francisco, em Minas Gerais.

Este relatório apresenta os resultados da caracterização hidrogeológica do município de Dom Bosco, com base no cadastramento de 79 poços, dos quais 73 pertencentes ao setor privado e 6 ao setor público. São apresentados a caracterização da água subterrânea quanto aos aspectos físico-químicos e bacteriológicos, bem como os resultados da avaliação sobre sua qualidade para consumo humano, agrícola, industrial e na pecuária. Riscos potenciais de contaminação foram avaliados com base nas deficiências construtivas dos poços e quanto a fontes potenciais de contaminação. O diagnóstico atual de exploração, incluindo a estimativa de expansão do volume bombeado, foi estabelecido visando orientar o planejamento de ações que requerem o uso da água subterrânea.

Em anexo é apresentado o mapa de localização de pontos do município.

# SUMÁRIO

---

1 - INTRODUÇÃO .....	1
2 - OBJETIVOS .....	3
3 - LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO .....	5
4 - MÉTODOS EMPREGADOS .....	7
5 - ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS .....	9
6 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS .....	11
6.1- Relevo .....	11
6.2 - Solos .....	11
6.3 - Vegetação .....	11
6.4 - Hidrografia .....	11
6.5 - Clima .....	11
7 - ASPECTOS GEOLÓGICOS .....	13
8 - DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS .....	15
8.1 - Aquífero Cárstico .....	15
8.2 - Aquífero Fissurado .....	15
8.3 - Aquífero Granular .....	16
9 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA .....	17
10 - CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA .....	21
11 - O USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA .....	23
11.1 - Uso da Água para o Consumo Humano .....	23
11.2 - Uso Agrícola e na Pecuária .....	24
11.3 - Uso da Água Subterrânea na Indústria .....	25
12 - DIAGNÓSTICO ATUAL DA EXPLOTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA .....	27
13 - PRINCIPAIS QUESTÕES RELACIONADAS À OUTORGA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE MINAS GERAIS .....	29
14 - CONCLUSÕES .....	31
15 - RECOMENDAÇÕES .....	33
16 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	35
ANEXOS	
1 - Características Locacionais, Construtivas, Hidráulicas e Físico-Químicas ' In Loco' .....	37
2 - Características Organolépticas, Físico-Químicas, Químicas e Bacteriológicas .....	45
3 - Relação e Características dos Principais Parâmetros Analisados em Amostras de Água .....	49
GLOSSÁRIO .....	67
DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA .....	69

## 1 - INTRODUÇÃO

O estudo dos recursos hídricos subterrâneos tem como proposta de trabalho o levantamento completo da situação atual das fontes de suprimento de água subterrânea. Estas informações deverão municiar as instituições, órgãos, empresas e profissionais, para o planejamento de intervenções relacionadas a obras de captação ou de uso e ocupação do solo. Constitui, portanto, importante ferramenta para o desencadeamento de ações que visem atender aos vários aspectos de aproveitamento e proteção das águas subterrâneas.

A água subterrânea - um dos mais ou senão, o mais importante recurso natural do planeta - compreende 97% de toda água doce disponível, sendo os rios e lagos responsáveis pelos 3% restantes. Origina-se da infiltração da água de chuva e de águas de superfície, armazenando-se entre os poros ou em fissuras e condutos das rochas.

A possibilidade de interligação das águas subterrâneas com os cursos superficiais e o seu papel na manutenção do fluxo de base das drenagens em períodos de estiagem, através dos pontos de descarga (nascentes e aluviões dos rios), refletem a importância

de se conhecer as disponibilidades hídricas e a dinâmica de fluxo para que se promova a regulação do uso e a adoção de medidas de proteção.

O papel do recurso subterrâneo no abastecimento é bastante expressivo, sendo utilizado como fração complementar ao atendimento das áreas urbanas e como principal fonte na zona rural. A ampliação do uso de forma sustentável encontra como obstáculos a falta de informações de disponibilidades hídricas ou de dados mais detalhados com relação ao grau de exploração.

As reservas e as características qualitativas da água subterrânea podem ser afetadas por intervenções no meio físico tais como: a extração da cobertura vegetal, ocupação desordenada do solo, lançamento de efluentes no solo ou nos rios, captação excessiva dos recursos hídricos e aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes.

É, portanto, fundamental que a implantação de programas de planejamento e gestão dos recursos hídricos seja feita de forma integrada, considerando a inter-relação entre a água subterrânea e superficial e os fatores intervenientes intrínsecos e extrínsecos ao meio.

## **2 - OBJETIVOS**

---

Os objetivos foram: levantamento completo da situação atual dos poços tubulares profundos; caracterização física e química dos aquíferos; determinação da qualidade

da água em termos da vocação de uso e indícios de contaminação; estimativa da disponibilidade e expansão do uso da água.

### 3 - LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

O município de Dom Bosco, com 815km<sup>2</sup>, localiza-se na Microrregião de Planejamento Administrativa de Unaí, no noroeste do Estado de Minas Gerais. O acesso é feito pela BR-040, a partir de Belo Horizonte, percorrendo-se aproximadamente 400km até

à cidade de João Pinheiro. Em seguida, através da MG-181, que passa por Brasilândia de Minas, após percorrer 123 km, alcança-se a BR-251 que dá acesso à sede do município, percorrendo-se mais 55km (Figura 1).



Figura 1 - Localização e vias de acesso.



## 4 - MÉTODOS EMPREGADOS

Na fase inicial de escritório foi feito o levantamento de todas as informações disponíveis e reunidas em uma planilha. As informações obtidas nessa etapa serviram para orientar o cadastramento de campo, ajudando na identificação dos poços.

O cadastramento, realizado em quatro etapas de campo, consistiu basicamente na localização de poços tubulares, onde foram obtidas as seguintes informações *in loco*: coordenadas do poço, profundidade, nível estático, condutividade elétrica, pH, temperatura da água, número de famílias atendidas, uso da água, capacidade de reservação, equipamento de adução e recalque, material de revestimento, condições da captação e fontes potenciais de contaminação.

Foram feitas descrições de afloramentos, procurando caracterizar o tipo litológico e as superfícies de discontinuidades, tais como fraturas, juntas e falhas.

Os dados hidráulicos, construtivos e físico-químicos das fontes de abastecimento, quando não obtidos na etapa de campo, foram adquiridos junto às prefeituras ou aos proprietários.

Simultaneamente ao cadastramento, realizou-se a amostragem da água, em cerca de 10% dos poços cadastrados, visando caracterizar sua qualidade físico-química e bacteriológica.

Concluído o cadastramento, efetuou-se a atualização da tabela (Anexos 1 e 2) e em seguida, o tratamento estatístico do mesmo, visando estabelecer, para cada tipo aquífero, os parâmetros hidráulicos e a caracterização físico-química.

É importante ressaltar que a impossibilidade de obtenção de dados completos para todos os pontos d'água cadastrados representou uma das grandes dificuldades enfrentadas durante o trabalho, o que de certa forma interferiu na caracterização dos aspectos hidráulicos, construtivos, químicos e de definição de sistemas aquíferos captados, de modo mais preciso e homogêneo para a área. Apenas 30 poços possuem perfil litológico, 11 apresentam dados de teste de bombeamento, 1 com intervalos de entrada d'água e 36 com dados construtivos (diâmetro, tipo e comprimento do revestimento).

Os fatores que contribuíram para esta situação são os seguintes:

- Falta de localização do proprietário ou desconhecimento do informante local quanto aos principais aspectos do poço e mesmo do ano e da empresa de perfuração. Vários proprietários rurais residem nas sedes municipais, ou em núcleos urbanos maiores como Belo Horizonte e Brasília.
- Ausência de informações detalhadas sobre poços antigos desativados ou abandonados, seja pela mudança de proprietário ou pela sucessão de várias administrações municipais que acabam por ocasionar perda dos dados.
- Proprietários e/ou prefeituras não mantêm os boletins de perfuração por desconhecerem sua importância.
- Algumas empresas de perfuração não seguem as normas técnicas estabelecidas pela ABNT. Os boletins não são entregues ao cliente, ou são bastante incompletos.

Normalmente faltam informações referentes ao material usado na completação, descrição litológica detalhada do material interceptado, tempo de desenvolvimento, intervalos de entradas d'água, planilha de teste de bombeamento e relatório de diâmetro de perfuração.

- A solicitação de fornecimento de dados, feita a algumas empresas, não foi atendida.

- A falta de acompanhamento dos poços produtivos e a utilização de bombas submersas com sistema de acionamento automático, impediu a determinação da vazão de exploração e do regime de bombeamento. Estimativas foram feitas com base no número de famílias atendidas, de animais ou de área irrigada.

## **5 - ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS**

---

O município teve sua emancipação política de Bonfinópolis de Minas em 1995. Em 1997 já contava com uma população de 3.978 habitantes.

Possui uma rede de estradas vicinais de 300 km é atravessado pela BR-251 de leste a oeste, porém, sem nenhum trecho asfaltado.

A agricultura e a pecuária são as principais atividades econômicas do município, sendo o milho, o arroz, o feijão e a cana de açúcar, seus principais produtos agrícolas e a criação de bovinos de corte e de leite, a

mais expressiva atividade da pecuária. Os agricultores contam com a assistência da EMATER, tendo um escritório na sede do município.

Os serviços de telefonia (DDD e DDI) eram controlados pela TELEMIG e o abastecimento de água e a coleta de esgoto doméstico realizados pela prefeitura. Há serviços de correio e telégrafos (EBCT), como também de caixa postal eletrônica (EMBRATEL). A cidade conta com 1 centro de saúde e 1 hotel.

## 6 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

### 6.1- Relevo

Identifica-se no município duas formas regionais de relevo, as "Cristas de Unaí" e a "Depressão Sanfranciscana" (CETEC, 1981). A primeira, refere-se às serras alinhadas na direção noroeste e intercaladas com áreas rebaixadas e aplainadas, representada em Dom Bosco pela serra Geral do Rio Preto, a nordeste do município. A depressão Sanfranciscana engloba a maior parte do município, sendo regionalmente desenvolvida ao longo das drenagens do rio São Francisco e morfologicamente representada por superfícies rebaixadas planas ou onduladas. A altitude máxima do município é de 600m e localiza-se na serra Geral do Rio Preto, enquanto que a cota mais baixa na foz do ribeirão Gado Bravo, atinge 500m (Enciclopédia, 1998).

### 6.2 - Solos

Predominam no município os latossolos vermelho-amarelos e cambissolos, ambos do tipo distrófico álico, caracterizados como solos deficientes em nutrientes e saturados em alumínio (CETEC, 1981). Solos aluviais, argilo-arenosos, ocorrem, principalmente, na porção sudeste do município e numa faixa ao longo da drenagem do rio Preto.

### 6.3 - Vegetação

O cerrado e os campos cerrados são as vegetações dominantes, estando subordina-

damente presentes, as matas secundárias como a capoeirinha, a capoeira e o capoeirão, correspondendo às regiões rebaixadas. Ao longo da serra Geral do Rio Preto, onde ocorrem solos litólicos, juntamente com afloramentos rochosos, a vegetação característica é do tipo floresta caducifolia, representada por matas secas e/ou matas de cipós (CETEC, 1981).

### 6.4 - Hidrografia

O município de Dom Bosco, apesar de ser limitado por várias drenagens, como a do rio Preto na divisa com Unaí, o córrego do Cotovelo com Natalândia e o ribeirão Gado Bravo com o município de Brasilândia de Minas, apresenta carência de água superficial em seu interior. O córrego do Cotovelo e o ribeirão Gado Bravo drenam-se para o rio Preto, que deságua no Paracatu, afluente do São Francisco. Na época de estiagem, alguns córregos e ribeirões, presentes no interior do município, chegam a secar.

### 6.5 - Clima

O clima da região é tropical, com invernos secos e verões chuvosos e a média anual de precipitação é de 1.200mm (ANEEL, 1997). A temperatura média anual mínima é de 12°C e máxima 32°C. A umidade relativa do ar varia entre 68% em agosto e 87% em janeiro. A evapotranspiração potencial média é de 1.121,6mm (PLANPAR, 1996).

## 7 - ASPECTOS GEOLÓGICOS

Na área que abrange o município de Dom Bosco, conforme Figura 2, ocorrem, principalmente, rochas do Grupo Paranoá (Dardenne 1978 e 1979, *in* COMIG 1994), constituído por seqüências marinho-plataformais e basinais marinhas, com predominância de quartzitos, pelitos, calcários, dolomitos, cherts e conglomerados.

Depósitos coluvionares, aluvionares e terraços, predominam na porção sudeste do município e numa faixa ao longo da drenagem do rio Preto. O Grupo Paranoá apresenta-se na região Noroeste de Minas, representado por uma faixa de aproximadamente 50km de largura, estendendo-se, de Dom Bosco à Cabeceira Grande, na direção sudoeste-noroeste.

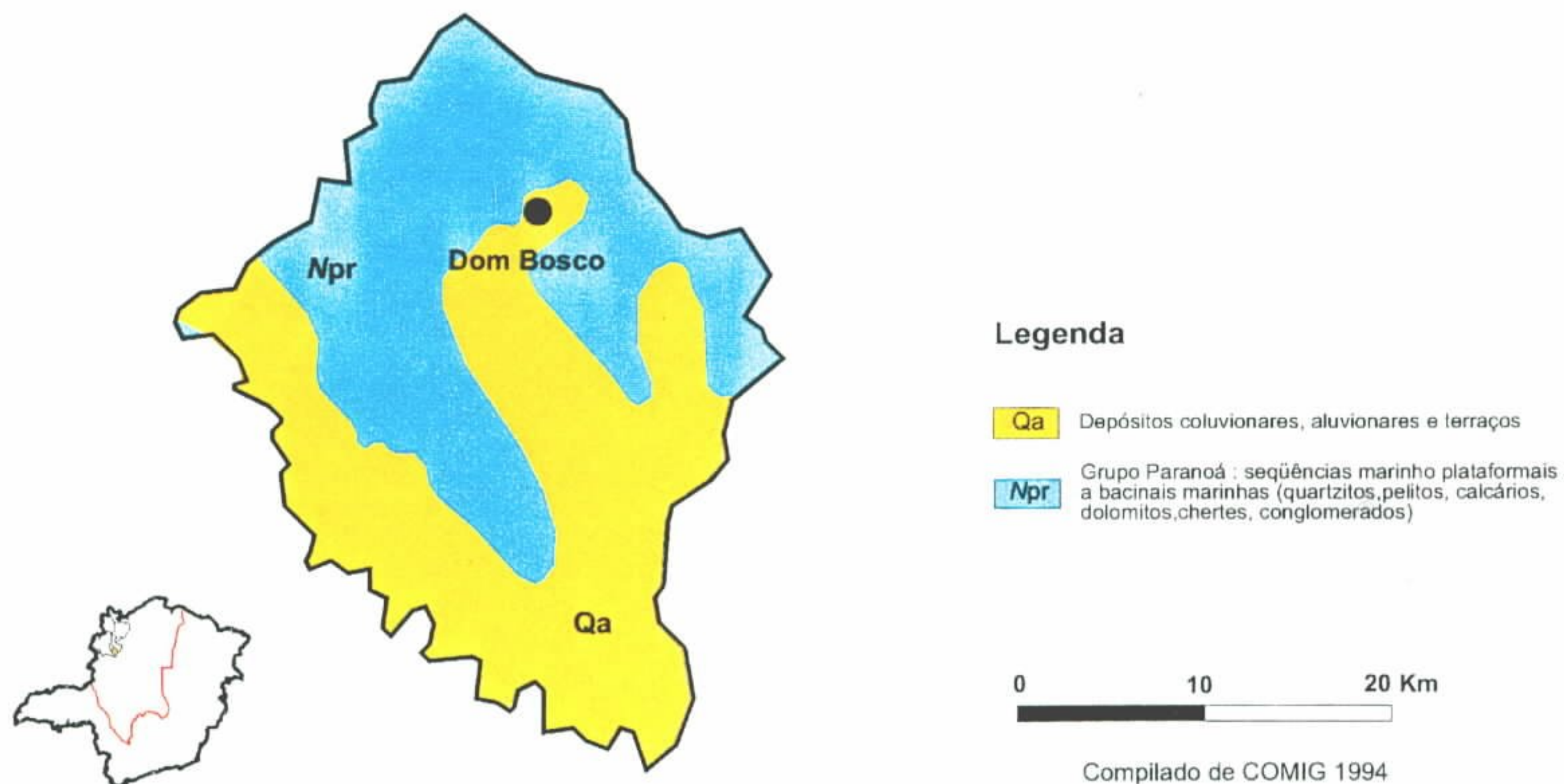


Figura 2 - Mapa geológico do município de Dom Bosco.

## 8 - DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS

A água subterrânea está associada, basicamente, a três sistemas aquíferos reconhecidos como: cárstico, fissurado e granular. Alguns poços, com base em dados litológicos/construtivos e análises químicas, captam água de sistemas considerados neste estudo como mistos (fissurado/cárstico e granular/cárstico). Dentre 79 poços cadastrados, 28 encontram-se no domínio cárstico, 4 no fissurado, 3 no granular e 5 poços estão no sistema misto. O restante (39 poços) são indefinidos dado à falta de informações de natureza construtiva em razão da inexistência de relatório técnico de perfuração. Os aspectos locacionais, construtivos e hidráulicos mais relevantes foram reunidos em planilha apresentada no Anexo 1.

### 8.1 - Aquífero Cárstico

O aquífero cárstico corresponde às rochas carbonáticas do Grupo Paranoá, onde a água pode ser encontrada em fendas e/ou cavidades subterrâneas. A interseção de cavidades em calcários favorece a circulação e armazenamento da água.

Este aquífero é alcançado a pequenas profundidades na região da Depressão Sanfranciscana, onde a camada de solo argilo-siltoso ou argilo-arenoso, tem uma espessura em torno de 15,0m até o topo do aquífero.

O nível estático da água (N.E.) medido nos poços durante a visita, é bastante variável, apresentando valor médio em torno de 10,50m, relativo a 11 poços. A vazão obtida de boletins técnicos é de 9,0m<sup>3</sup>/h e a vazão

específica igual a 0,43m<sup>3</sup>/h/m, ambas relativas às médias de 4 poços.

As profundidades dos poços variam de 50,0 a 180,0m, estando o valor médio em torno de 90,0m para 28 poços. Poços perfurados neste sistema requerem revestimento não apenas da camada de solo e da porção de rocha semi-alterada, mas também de no mínimo 1m cravado na rocha sã.

### 8.2 - Aquífero Fissurado

O aquífero fissurado está associado às rochas pelíticas do Grupo Paranoá, representadas principalmente por ardósias e metassiltitos. A ocorrência de água neste sistema é restrita às zonas fraturadas das rochas, já que a porosidade primária é muito baixa. A densidade e a interseção de fraturas favorecem a circulação da água e também seu armazenamento.

As drenagens, às vezes, aproveitam as direções de zonas fraturadas, tornando-se um indicativo para locação de poço. As direções principais das fraturas medidas em campo, correspondem às direções noroeste (N45W) e leste-nordeste (E20NE), com inclinação predominantemente subvertical. O acamamento das rochas apresenta direção norte-noroeste (N30W), com mergulho para nordeste ou sudoeste, indicando também direções favoráveis à percolação de água (ver Fotos 1 e 2).

O aquífero fissurado, assim como o cárstico, pode ser alcançado a pequenas profundidades na Depressão Sanfranciscana que engloba a maior parte do município, onde em

alguns locais podem também ser encontrados intercalados (sistema misto cárstico/fissurado).

Dentre os 04 poços perfurados no domínio fissurado, em apenas um foi possível medir o nível estático, sendo este igual a 1,75m, enquanto o N.E. médio de teste é de 7,76m para os 4 poços. A vazão obtida de boletins técnicos é de 7,24m<sup>3</sup>/h e a vazão específica é igual a 0,51m<sup>3</sup>/h/m, referente às médias dos 04 poços. As vazões encontradas, apesar de baixas, são suficientes para o abastecimento de pequenas comunidades.

As profundidades dos poços variam de 73,0 a 124,0m, estando o valor médio em torno de 100,0m relativo para 4 poços. Neste sistema, podem haver problemas na perfuração em zonas intensamente fraturadas. Os poços requerem revestimento da camada de solo, da porção de rocha semi-alterada, mas também de no mínimo 1m cravado na rocha sã.

### 8.3 - Aquífero Granular

O aquífero granular é representado principalmente por coberturas quaternárias, reconhecidas por depósitos coluvionares,

aluvionares e terraços, onde ocorrem argilas, areias e cascalhos. A porosidade primária ou espaços vazios entre grãos, favorece a circulação e armazenamento da água.

Localiza-se, predominantemente, numa faixa ao longo da drenagem do rio Preto e na porção sudeste do município (ver Figura 2). As aluviões são caracterizadas como um meio de alta permeabilidade, podendo fornecer grande quantidade de água.

O nível estático da água, medido em um poço durante a visita de campo foi de 16,2m e a vazão de dois poços, obtida de cálculos e de informação verbal, é igual a 3,0 e 4,8m<sup>3</sup>/h, respectivamente.

As profundidades de dois poços perfurados neste domínio são 47,0 e 53,0m. O poço DBO-74, por exemplo, tem uma profundidade de 53,0m, onde o perfil litológico é o seguinte: de 0,0 a 50,0m, tem-se um material argilo-arenoso e de 50 a 53,0m, rocha carbonática. Os poços requerem revestimento, filtros em uma ou em mais seções, pré-filtros e desenvolvimento para adequar a produção do poço com a demanda de água.

## 9 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

As características físico-químicas da água subterrânea dependem de fatores relativos ao próprio aquífero, tais como: a composição mineralógica da rocha, das condições de circulação e armazenamento da água, mas também de fatores externos como o clima, a composição da água da chuva e atividades antrópicas.

Visando estabelecer a caracterização físico-química da água subterrânea, foram realizadas 08 análises de amostras selecionadas de acordo com os seguintes critérios: avaliação da existência de risco potencial de contaminação, representatividade quanto aos aquíferos e localização dos pontos amostrados dentro do município, de modo a permitir uma distribuição homogênea. Os poços públicos foram priorizados levando em conta tais critérios.

As 8 amostras selecionadas foram analisadas pelo laboratório da SANEAR - Engenharia Sanitária em termos de seus constituintes iônicos, bacteriológicos e de suas características físicas. Planilhas contendo os principais dados químicos, físico-químicos e organolépticos são apresentadas no Anexo 2. A descrição dos parâmetros analisados quanto aos limites permitidos de potabilidade, origem, inconveniente/toxicidade e formas de tratamento encontra-se apresentada no Anexo 3.

Os constituintes iônicos analisados foram: cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^-$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^-$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), ferro total ( $\text{Fe}^{+2} + \text{Fe}^{+3}$ ), fosfato ( $\text{PO}_4^{-3}$ ), manganês total (Mn),

fluoreto ( $\text{F}^-$ ), alumínio total (Al), sílica ( $\text{SiO}_2$ ), nitrogênio orgânico e amoniacal.

Quanto às propriedades físicas, determinou-se: turbidez, cor, alcalinidade, resíduo seco, sólidos totais dissolvidos e durezas de carbonatos e de não carbonatos. Durante o cadastramento de campo, foram feitas medidas "in loco" de condutividade elétrica, pH e de temperatura em 54 poços em produção.

Dentre as 8 amostras analisadas pela SANEAR, 5 correspondem ao aquífero cárstico, 2 ao sistema misto e 1 ao granular. As amostras do sistema cárstico, com base na classificação geoquímica de Piper (Figura 3), situam-se no campo das bicarbonatadas cálcicas e/ou magnesianas, ao passo que as duas amostras do sistema misto e a do granular, encontram-se na transição entre esse campo e o das bicarbonatadas sódicas, indicando realmente uma composição mista.

As águas do sistema cárstico tendem a possuir uma maior concentração de  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{HCO}_3^-$ , em razão da dissolução de calcários calcíticos e/ou dolomíticos. Apesar de não haver análises para o sistema fissurado em Dom Bosco, os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  ocorrem predominantemente neste sistema, sendo os íons  $\text{Na}^+$  assimilados pela água, através de trocas catiônicas com argilo-minerais constituintes dos metassiltitos e ardósias. Os íons  $\text{Cl}^-$  originam-se de águas meteóricas ou de sais concentrados no solo. Diferentes posicionamentos dos pontos amostrados, com relação às zonas de recarga e descarga do aquífero, podem causar variação das concentrações de  $\text{Cl}^-$ .



A única amostra do sistema granular apresentou concentração de  $\text{HCO}_3^-$  elevada se comparada aos demais íons. As amostras do sistema misto exibem características particulares, principalmente dos sistemas

cárstico e fissurado, ou seja, apresentam concentrações elevadas dos íons  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{HCO}_3^-$ . O aquífero cárstico apresenta concentração elevada de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , tal como o fissurado de Bonfinópolis de Minas.

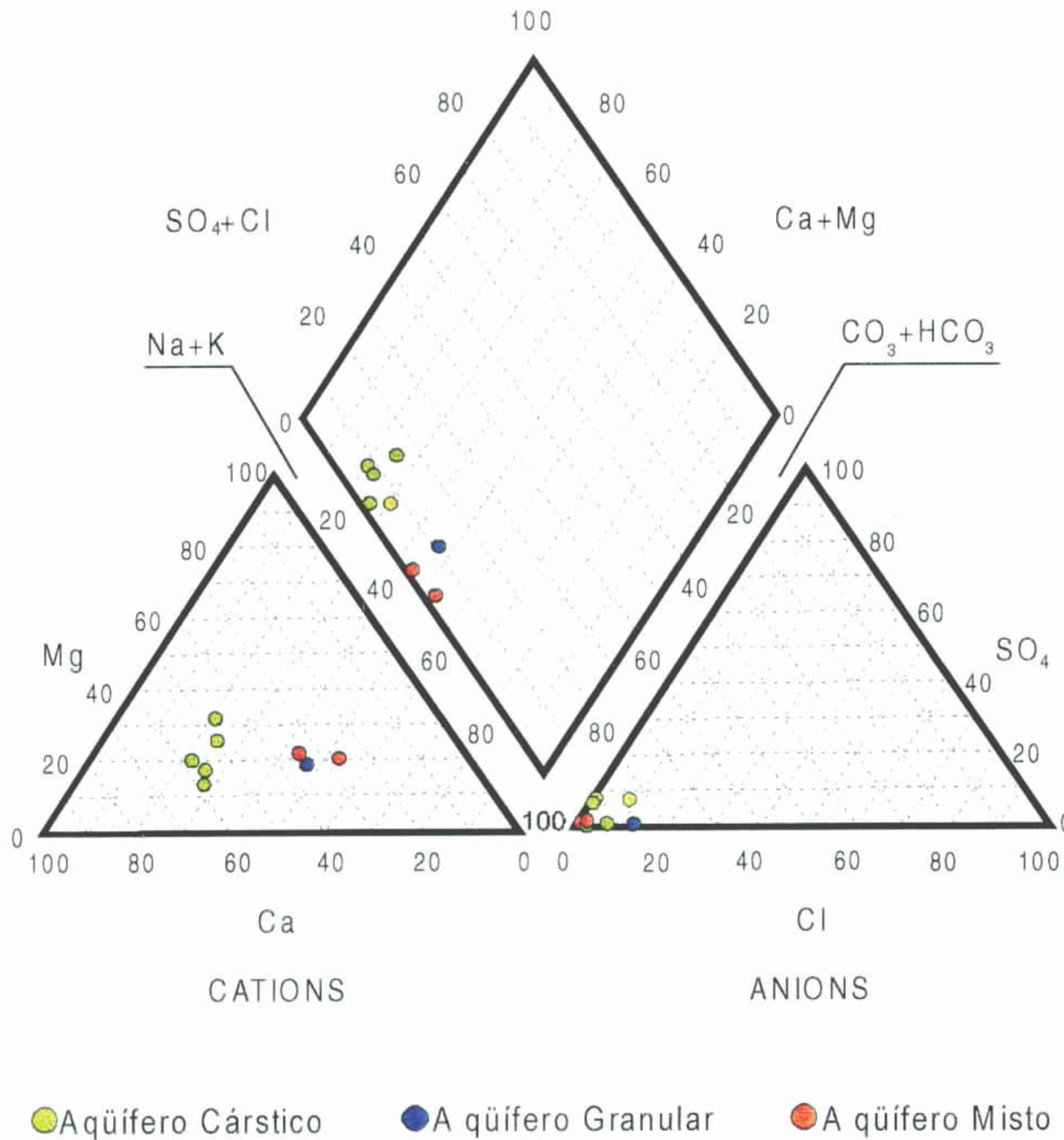


Figura 3 - Diagrama de Piper para os tipos de aquíferos.

Concentrações médias de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^-$ , Al e  $\text{F}^-$ , são relativamente baixas em todas as unidades hidrogeológicas. Entretanto, a média de ferro total é considerada alta para o aquífero granular, com base no limite de potabilidade, exibindo valor igual a 4,72mg/L. O sistema cárstico apresenta valor médio igual a 1,64mg/L e

0,46mg/L para o misto. A maior concentração média de manganês, corresponde ao sistema cárstico, com 0,27mg/L e para os demais sistemas as médias são consideradas baixas. O íon  $\text{CO}_3$  não foi detectado em nenhuma amostra.

O aquífero cárstico apresentou o mais elevado teor médio de  $\text{SiO}_2$ , com 14,17mg/L

e em segundo o misto, com 10,84mg/L. O sistema granular mostrou valor médio abaixo de 4,0mg/L.

A condutividade elétrica é uma medida da facilidade da água em conduzir corrente elétrica, estando ligada à presença de sais dissolvidos na forma de íons. De um modo geral, o aquífero cárstico exhibe valores de condutividade elétrica acima das médias dos demais, apresentando valor médio igual a 454,67 $\mu$ S/cm a 25°C. Para o sistema granular a condutividade média é de 12,40 $\mu$ S/cm a 25°C e para o sistema misto, o valor médio é igual a 231,80 $\mu$ S/cm a 25°C.

O pH da água é um parâmetro controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio entre os íons presentes. Pode variar entre 1 e 14, apresentando valor neutro quando for igual a 7. As águas exibem caráter ácido para valores de pH abaixo de 7 e básico para valores acima. Os sistemas cárstico, granular e misto, mostraram os seguintes valores médios: 7,16; 5,72 e 6,89, respectivamente.

Os sólidos totais dissolvidos (STD) correspondem à concentração de todo material dissolvido na água, seja volátil ou não. O aquífero cárstico apresentou valor médio em torno de 318,00mg/L, o granular de 8,68mg/L e o sistema misto mostrou valor médio igual a 162,26mg/L.

A dureza da água é a capacidade da mesma em neutralizar o sabão pelo efeito da presença, principalmente, de cálcio e magnésio, ou de outros elementos como ferro, manganês, etc. Águas do aquífero cárstico apresentaram média de dureza total em torno de 143,0mg/L, enquanto que para o granular a média é igual a 1,50mg/L e para o sistema misto, o valor médio é de 47,75mg/L.

A alcalinidade é a capacidade da água em neutralizar ácidos devido a presença de carbonatos e bicarbonatos. Esses íons geralmente são resultantes da dissolução de rochas carbonáticas, por isso o aquífero cárstico é o que apresenta alcalinidade de bicarbonatos mais elevada, sendo o valor médio igual a 176,10mg/L. A alcalinidade média do granular é 3,0mg/L e do misto é de 95,54mg/L.

O resíduo seco (RS) corresponde ao peso de sais resultantes da evaporação de um determinado volume de água já filtrado, porém, os dados a serem apresentados foram calculados a partir da condutividade “*in loco*”, através da expressão (RS = condutividade elétrica / 1,9). Portanto, o resíduo seco médio, relativo ao aquífero cárstico é 239,30mg/L, do granular igual a 6,53mg/L e do misto é 122,0mg/L.

## 10 - CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

Entende-se por contaminação, a alteração da qualidade físico-química e/ou biológica da água, suficiente para ultrapassar os limites ou padrões de tolerância pré-estabelecidos. Os padrões de qualidade da água dependerão do tipo de uso ao qual será destinada.

Um poço tubular profundo, com deficiências construtivas e operacionais, pode servir como veículo aos contaminantes que possam ser lançados no terreno, próximo ao poço, onde a contaminação é feita através do escoamento superficial. De acordo com as normas técnicas (ABNT - NB-1290), é exigida a cimentação do espaço anelar entre o tubo de revestimento e a parede de perfuração, com espessura mínima de 5,0cm, bem como a construção de uma laje de concreto com área não inferior a 1m<sup>2</sup> x 15cm de espessura, ao redor do poço. Este deve possuir uma saliência, acima da laje, de no mínimo 50cm de altura. Tais medidas tem o objetivo de assegurar a proteção sanitária da água subterrânea.

O risco potencial de contaminação do aquífero foi avaliado, com base nas características construtivas e de manutenção dos poços. Dessa forma, foi considerado como risco potencial muito alto, o poço não

cercado, sem a proteção sanitária e com problemas, tais como ausência de tampa e/ou orifício na mesma e o espaço anelar entre o tubo de revestimento e a parede de perfuração, não preenchido (Foto 3). Poços com risco potencial alto são aqueles que exibiam algum desses problemas, mas mostravam-se cercados ou possuíam laje de concreto. O risco foi considerado médio, quando o poço encontrava-se com cerca e laje de proteção, mas com algum problema, não muito sério, relativo à manutenção ou operação (Foto 4). Ainda foram identificados poços com risco potencial baixo, sendo aqueles, que, além de não apresentarem imperfeições de natureza construtiva ou manutenção inadequada, estavam protegidos com cerca e laje de concreto.

Com base nessas características, conforme Figura 4, verificou-se que 2 poços públicos encontravam-se sob risco muito alto de contaminação. Nenhum poço está sob risco alto, 2 sob risco médio e 2 poços estão sob risco potencial baixo. A situação dos poços privados é mais preocupante, onde 6 estão sob risco muito alto, nenhum sob risco alto, 51 encontram-se sob risco médio e 16 poços sob risco baixo.

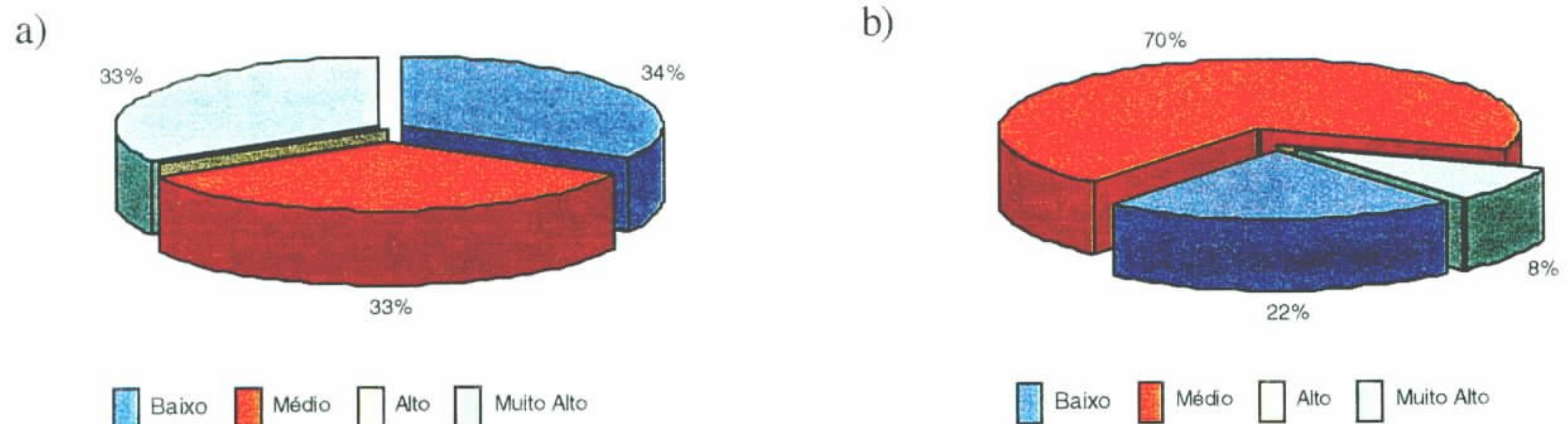


Figura 4 - Diagrama da situação atual dos poços quanto ao risco de contaminação: a) Setor Público e b) Setor Privado.

Cerca de 42 poços localizam-se próximos a currais, que representam fontes potenciais de contaminações pontuais, em razão da presença, principalmente, de esterco de gado. Em 7 poços há risco de contaminação por esterco de galinha. Fossa negra é considerada fonte potencial de contaminação em apenas um poço. Um poço foi encontrado muito próximo à pocilga (Foto 5). No restante (28 poços), não foram constatadas situações que pudessem comprometer a qualidade da água.

A contaminação das águas subterrâneas por derivados de petróleo pode ocorrer pela operação incorreta ou falta de manutenção de compressores a diesel, resultando no extravasamento do óleo junto ao poço ou ainda, através de vazamentos de tanques de armazenamento de combustíveis em posto de gasolina. Foram encontrados, especialmente na zona rural, vários compressores localizados muito próximos aos poços, com óleo derramado no solo ao seu redor.

Os poços mal construídos e os abandonados, não lacrados, constituem importantes condutos para o fluxo vertical, direto e sem diluição de poluentes que podem atingir zonas aquíferas relativamente protegidas da contaminação. As análises físico-químicas e bacteriológicas de poços em produção indicam a severidade e

extensão do problema construtivo. Os parâmetros que ocorrem com maior frequência, acima dos limites de potabilidade, são turbidez, ferro, manganês, cor e coliformes totais. A má qualidade das águas reflete, em parte, a construção deficiente, seja por não apresentar selo sanitário e cimentação, seja pela má seleção ou falta de critério técnico na escolha da abertura dos filtros e da granulometria do pré-filtro ou mesmo pela ausência de desenvolvimento. A intensificação dos problemas, muitas vezes decorrente do uso prolongado, conduz ao abandono do poço.

Os poços abandonados, de maneira geral, não recebem o tratamento recomendado que consiste na selagem com material impermeável ou cimento. São encontrados em várias situações, tais como: com a bomba em seu interior; com tampa de madeira ou de metal (soldada ou não - Foto 6); com cobertura de plástico ou borracha; destampados; preenchidos com areia ou cascalho e com evidências de solapamento das paredes laterais pela infiltração e percolação da água superficial ao longo do revestimento. Dessa maneira, servem de veículo para todo tipo de contaminante, desde resíduos tóxicos até animais mortos e dejetos.

## 11 - O USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A água subterrânea vem se destacando, nos últimos anos, como uma importante fonte alternativa de abastecimento. Conforme observado no levantamento de campo, em razão da redução nas vazões das drenagens, em especial naquelas de menor porte, está havendo intensificação das perfurações, de tal forma que 46% (36) dos poços cadastrados, com indicação do ano de perfuração, foram construídos a partir de 1995.

A água subterrânea tem atualmente um papel significativo para o abastecimento público, contribuindo como parcela complementar no atendimento às áreas urbanas e praticamente como único manancial nas zonas rurais. O aproveitamento da água subterrânea é feito basicamente através de poços tubulares, poços escavados e captação de nascentes. Regiões com maior potencial hidrogeológico, em especial aquelas inseridas no domínio de terrenos cársticos, têm no recurso subterrâneo, uma fonte potencial importante.

O aproveitamento dos aquíferos granulares é feito comumente através de poços escavados. Quanto aos aquíferos fissurados e cársticos, a única forma de captação consiste de poços tubulares. Na sua maioria, os poços atravessam o material de cobertura e a seqüência metapelítica, captando água exclusivamente do sistema cárstico sotoposto.

Na zona rural, o recurso subterrâneo é utilizado basicamente para abastecimento doméstico e dessedentação animal. Nos períodos chuvosos, vários poços são paralisados e o atendimento da demanda é feito por meio de captações de cursos d'água.

A aptidão para as diversas formas de uso (consumo humano, agrícola e industrial) da

água subterrânea relaciona-se às características hidroquímicas. As diferenças nas concentrações de íons e nas propriedades físico-químicas demonstradas pelos sistemas aquíferos fazem com que estes apresentem vocações específicas.

### 11.1 - Uso da Água para o Consumo Humano

A qualidade da água para o consumo humano é baseada na portaria número 36/1990 do Ministério da Saúde, a qual estabelece vários limites de potabilidade em relação aos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos.

Concentrações médias de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{CO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^-$ , Al e  $\text{F}^-$ , são relativamente baixas em todas as amostras, considerando-se os limites para o consumo humano. Entretanto, dentre as 8 análises (Figura 5), 7 apresentaram concentração de ferro total acima do limite de potabilidade e valor médio igual a 1,97 mg/L (limite = 0,30 mg/L). Alto teor de ferro em água de poço tubular pode ser originado de minerais ferromagnesianos ou de cimentos em arenitos, como também relacionado à ocorrência de ferrobactérias ou à corrosão do revestimento e/ou do filtro. A carência de ferro no organismo humano pode causar anemia e seu excesso pode aumentar a incidência de problemas cardíacos e diabetes.

Em referência à concentração de manganês, dentre as 8 análises, 4 apresentaram teor acima do limite de potabilidade, com uma média de 0,27mg/L (limite = 0,10mg/L). O manganês é menos abundante que o ferro nas rochas e em decorrência disto, também nas águas naturais.

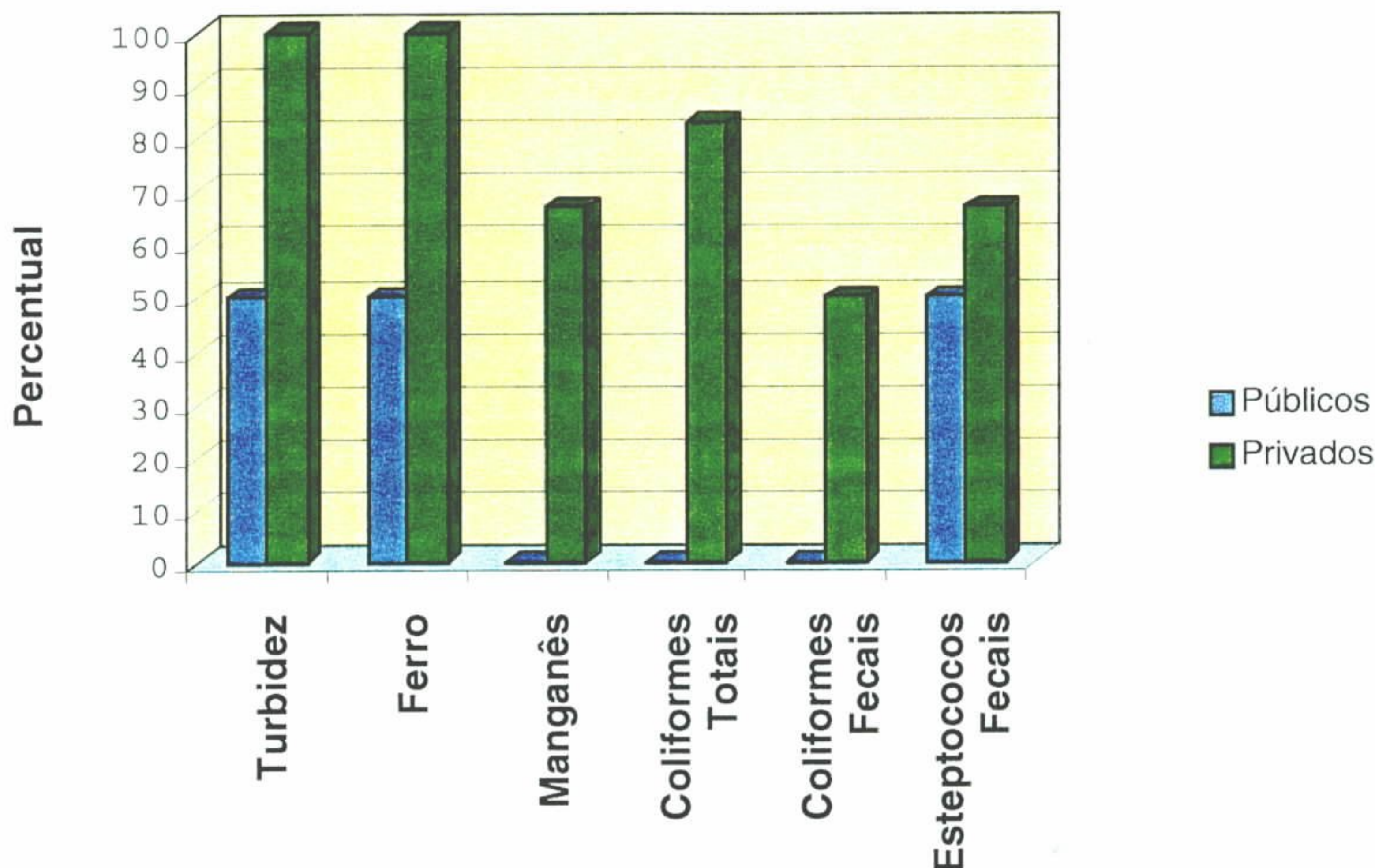


Figura 5 - Apresenta as proporções dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos que estão acima dos limites de potabilidade.

A cor da água pode evidenciar algum tipo de contaminação, estando associada, principalmente, às substâncias orgânicas dissolvidas na mesma. As 8 amostras analisadas apresentaram valores abaixo do limite de potabilidade, que é igual a 5,0.

A turbidez representa a dificuldade da água em transmitir a luz, devido à contaminação por sólidos em suspensão (silte, argila, matéria orgânica, entre outros). A maioria das amostras apresentou problemas quanto à turbidez, sendo os valores encontrados, para 7 poços, acima de 1,0UNT, que é o limite de potabilidade e valor médio igual 24,95UNT. Apenas uma amostra apresentou valor abaixo deste limite.

Exames bacteriológicos foram realizados em 8 amostras para verificar uma possível

contaminação da água. Constatou-se, com o resultado dessas análises, a presença de coliformes totais, estreptococos fecais e/ou coliformes fecais em 6 poços. Dentre estes, 2 correspondem à contaminação de origem humana e 4 de origem animal. A portaria número 36/1990 do Ministério da Saúde estabelece limite zero, tanto para coliformes totais quanto para coliformes fecais.

**11.2 - Uso Agrícola e na Pecuária**

Para avaliar o risco de sodificação do solo foi adotado o critério proposto pelo United States Salinity Laboratory - U.S.S.L. que se baseia na razão de adsorção de sódio (SAR) e na condutividade elétrica. A análise do diagrama elaborado para todas as amostras (Figura 6) permite prever as suas aptidões para o cultivo.

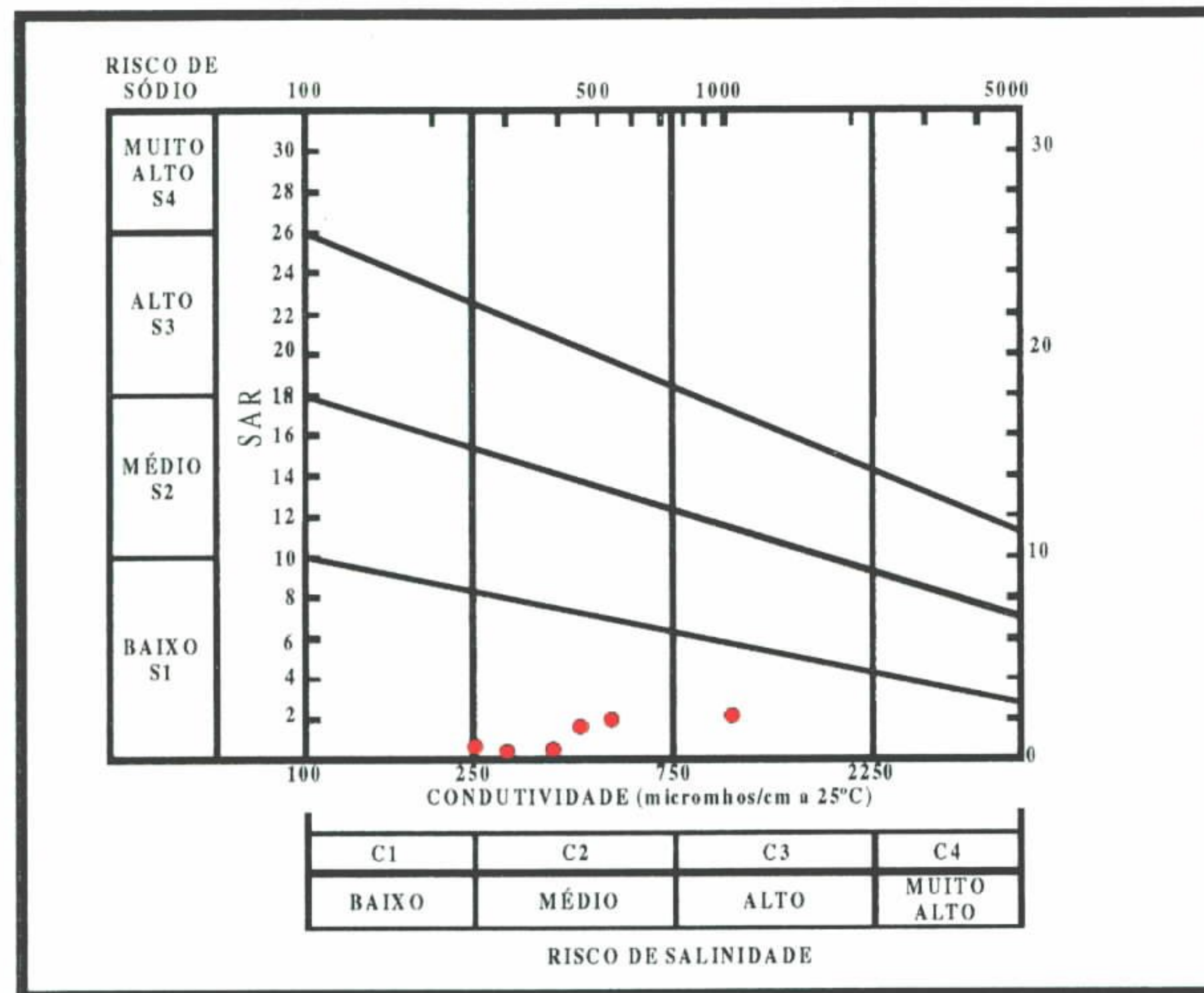


Figura 6 - Diagrama de Wilcox.

A maioria das amostras possui baixa razão de sódio e condutividade elétrica média entre 250 e 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 25 °C. Em relação ao uso agrícola, isto significa que estas águas podem ser usadas na maioria dos solos, com pequena chance de se promover a redução da permeabilidade dos mesmos, o que tornaria a terra infértil e difícil de ser arada. O cultivo de plantas moderadamente tolerantes aos sais, pode ser feito, sem exigência de controle rígido.

Em relação à pecuária, verifica-se que não há restrição quanto ao uso da água na dessedentação animal. Segundo Logan, 1965 (in Feitosa & Filho 1997), o gado deve consumir água com valor de sólidos totais dissolvidos menor ou igual a 2.500mg/L. De acordo com os dados obtidos, o valor máximo de STD encontrado é 690,90mg/L. Portanto, todas as águas analisadas são apropriadas para o uso animal.

A classificação da água quanto ao consumo animal, levando em consideração o resíduo

seco, estabelece que, se a concentração estiver entre 7.800 a 9.375mg/L, a água é suportável pelo gado (Bateman apud Costa, 1979 in Feitosa e Filho *op cit*). O valor máximo de resíduo seco encontrado nas águas estudadas é igual a 472,63mg/L, o que é bem inferior aos limites acima sugeridos, corroborando à adequabilidade do uso para a dessedentação animal.

### 11.3 - Uso da Água Subterrânea na Indústria

Os padrões de qualidade da água para o uso industrial são variáveis, devido à grande diversidade de indústrias. A capacidade de ataque químico pela água, é um parâmetro que afeta a maioria das indústrias. Assim sendo, procurou-se determinar a agressividade, a neutralidade ou a incrustabilidade da água, a partir das médias de pH *in loco*, da temperatura e da alcalinidade total, alcançando-se o índice de estabilidade de carbonato de cálcio.

Dessa forma, verificou-se, com base na classificação de Custódio & Llamas, 1993 (in Feitosa & Filho 1997), através da equação de Rysnar (1944), que dentre 07 análises, 05 correspondem a águas pouco incrustantes ou agressivas, 1 análise indicou água agressiva e outra mostrou água muito incrustante. Há restrição quanto ao uso dessas águas na maioria das indústrias. Entretanto, a qualidade natural da água poderá ser modificada através de tratamento, sendo neste caso, recomendada uma avaliação técnica, para verificar sua viabilidade econômica.

Quanto aos padrões de dureza e alcalinidade, as águas do aquífero cárstico, com base na análise de 5 poços e de acordo com os critérios de qualidade da água estabelecidos por Mathess, 1982; Szikszay, 1993 e Driscoll, 1986 (in Feitosa & Filho 1997), não se adequam aos requisitos exigidos para diversos tipos de indústrias, em decorrência dos valores médios elevados de dureza (em torno de 143,0mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ) e alcalinidade (entorno de 176,0mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ).

As águas do aquífero misto são apropriadas para a refrigeração, indústria têxtil, de papel e curtume e não apropriadas para as indústrias de bebidas, devido aos valores de dureza (média de 47,73mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ), levando em conta a análise de 2 poços. O emprego extensivo das águas destes dois tipos aquíferos requer a adoção de técnicas de abrandamento. Já os aquíferos granulares exibem características hidroquímicas que permitem seu uso generalizado em praticamente todas as atividades industriais, exceto quanto ao caráter agressivo, como exposto anteriormente.

Valê destacar que o ferro apresenta-se, para 7 poços (dentre 8 análises), acima dos limites industriais aceitáveis. É provável que estas concentrações decorram de problemas construtivos e operacionais, já que não é um elemento abundante nos aquíferos, em especial nos cársticos e fissurados. Portanto, espera-se que poços corretamente construídos apresentem valores menores, permitindo o uso industrial mais abrangente.



## 12 - DIAGNÓSTICO ATUAL DA EXPLOTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Levantou-se um total de 79 poços, sendo 73 pertencentes ao setor privado e 6 ao público. Atualmente 62 poços estão ativos, 14 tamponados, 2 desativados e 1 foi abandonado. A Figura 7 mostra a situação atual dos poços públicos e privados em termos de porcentagem.

Poços tamponados correspondem àqueles que se encontram fechados com tampa, necessitando de equipamentos, como compressor ou bomba, para serem colocados em produção. Os poços desativados referem-

se aos que chegaram a produzir água durante um determinado período e por algum motivo tiveram sua produção paralisada, mas são passíveis de serem reativados. O poço foi designado como abandonado, quando a sua paralisação ocorreu há algum tempo e seu estado físico atual é precário (ausência de tampa, revestimento danificado, entupimento, etc), impedindo sua reativação, a não ser que se proceda a avaliações e intervenções mais complexas. Poços secos são aqueles que não deram nenhum volume de água.

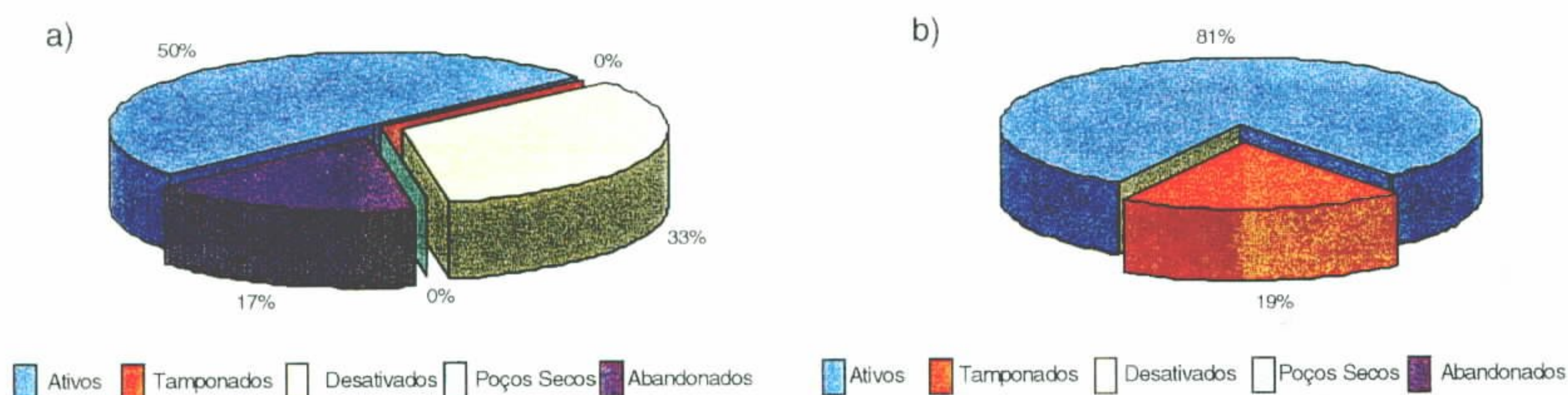


Figura 7 - Diagrama da situação atual dos poços: a) Setor Público e b) Setor Privado.

O aquífero cárstico é o mais explorado, contribuindo com 27 poços ativos e somente 1 está tamponado. O sistema fissurado contribui com apenas 1 poço ativo, 2 estão desativados e 1 abandonado. No domínio granular, encontram-se 2 poços ativos e 1 tamponado. No sistema misto, 5 poços estão em produção. Dentre os poços que não puderam ser classificados quanto ao tipo aquífero, ou seja, os indefinidos, 27 estão em produção e 12 tamponados.

Os poços localizam-se na região da Depressão Sanfranciscana, que abrange quase toda

área do município e distribuem-se de maneira homogênea. No momento, 1.107 pessoas estão fazendo uso da água de poços tubulares profundos, sendo 808 abastecidas pelo setor público e 299 por sistemas particulares. O uso para a dessedentação animal é mais intenso no período de estiagem e abrange um número de 8.930 cabeças de gado.

É importante ressaltar a imprecisão desses dados de utilização da água subterrânea considerando que em áreas onde o sistema de abastecimento é misto, não se tem um número aproximado de pessoas que se

utilizam exclusivamente da água subterrânea. Do mesmo modo, a informação do número de cabeças de gado é, muitas vezes, fornecida por proprietários e empregados com bastante desconfiança e cautela.

Na tentativa de estabelecer a estimativa da disponibilidade atual e a possibilidade de expansão do volume explotado de água, a partir da reativação de poços desativados e tamponados, foi elaborado o Quadro 1. Os setores público e privado, em conjunto, poderão aumentar a disponibilidade de água em até 27%, caso os poços desativados e tamponados fossem colocados em produção.

Levando-se em consideração o abastecimento doméstico, urbano e dessedentação animal, temos que a demanda diária máxima de água captada por poços tubulares é de 94,03m<sup>3</sup>/h para 16 horas de bombeamento/dia. Enquanto que a produção potencial dos 62 poços ativos, considerando vazão média de 8,46m<sup>3</sup>/h, é equivalente a 524,51m<sup>3</sup>/h (ver Quadro 1). Somando-se este valor aos 143,81m<sup>3</sup>/h relativos a disponibilidade potencial de poços desativados e tamponados, verifica-se que o volume captado poderá ser ampliado, em aproximadamente cinco vezes.

Quadro 1 - Estimativa da disponibilidade atual e da expansão do volume de água explotado no município.

Poços Tubulares	Estimativa da Disponibilidade Atual			Estimativa da Expansão			
	Poços Ativos	Qm (m <sup>3</sup> /h)	Qm total (m <sup>3</sup> /h)	Poços Desativados e Tamponados	Qm (m <sup>3</sup> /h)	Qm total (m <sup>3</sup> /h)	Porcentagem de Aumento da Disponibilidade
Setor Público	3	8,46	25,37	3	8,46	25,37	100%
Setor Privado	59	8,46	499,14	14	8,46	118,44	24%
Total	62		524,51	17		143,81	27%

Obs.: Qm = vazão média de teste para todos os tipos de aquíferos

## 13 - PRINCIPAIS QUESTÕES RELACIONADAS À OUTORGA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE MINAS GERAIS

- É preciso ter consciência da importância da utilização racional e conservação qualitativa dos recursos hídricos para que situações de conflito de uso sejam evitadas.
- Princípios, normas e padrões inovadores de gestão dos recursos hídricos foram estabelecidos pela Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 e pela Política Estadual de Recursos Hídricos, estabelecida em Minas Gerais pela Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999. Um dos principais instrumentos de gestão criados corresponde à outorga de direito de uso concedido pelo poder público (estadual ou federal), que representa o licenciamento obrigatório assegurando e regulamentando a utilização racional dos recursos hídricos. Nesse contexto, o princípio da gestão participativa e descentralizada representa um mecanismo de atuação democrática, na medida em que garante a participação dos usuários, da sociedade civil organizada, de ONGs e demais entidades nos processos decisórios das bacias hidrográficas, através dos comitês, considerados “os parlamentos das águas”.
- A utilização do sistema de outorga pelos respectivos órgãos gestores proporciona uma visualização das condições quantitativas e qualitativas da água já comprometida pelo uso, permitindo, assim, atuar de modo eficaz na gestão dos recursos hídricos, ajustando e equilibrando a disponibilidade, demanda e condições ambientais. Não deve ser entendido como um sistema punitivo, mas regulador.
- Antes de perfurar o poço, deve ser solicitada a autorização para perfuração. Após a perfuração, solicita-se a outorga de uso das águas. De acordo com o artigo 5º da lei estadual nº 13.199, as solicitações de outorga para uso das águas de domínio estadual, devem ser feitas ao IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas, considerando-se que as águas subterrâneas são de domínio dos estados. A concessão de outorgas é válida por um período máximo de 5 anos para direito privado, e de 20 anos para direito público. Já para as explorações consideradas insignificantes, são fornecidas certidões para o período de dois anos. Para a última modalidade, não são cobradas taxas relativas à solicitação de uso.
- A documentação requerida para solicitação da outorga de uso das águas subterrâneas é fornecida em disquetes ou em papel e consta dos seguintes documentos: carta de requerimento, formulários técnicos (água subterrânea, cadastro de poço tubular e cadastro da qualidade da água de poço tubular), relatório técnico e protocolo (atestado de entrega da documentação). A elaboração do relatório técnico e o preenchimento dos formulários deve estar sob a responsabilidade de um geólogo, engenheiro de minas ou engenheiro-geólogo. Somente esses profissionais estão

habilitados para o acompanhamento técnico de obras de captação de água subterrânea.

- A análise química é exigida somente quando o poço é destinado ao consumo humano, ou em situações de risco, onde se precisa analisar os potenciais para contaminação.
- O relatório técnico deve conter a caracterização geológica e hidrogeológica local e a avaliação da vulnerabilidade dos aquíferos. O grau de exigência do relatório para exploração de águas subterrâneas depende da complexidade do sistema

geológico e hidrogeológico, dos conflitos de uso e da vazão a ser explorada.

- Nem todos os pedidos de outorga são julgados pelo IGAM. Existem pedidos que devem ser aprovados pelos comitês de bacias e, na sua falta, pelo COPAM. De acordo com a deliberação normativa COPAM nº 37, de 08/10/99, ficam sujeitos a esta autorização os empreendimentos de grande porte ou com potencial poluidor, como por exemplo: captações em cabeceiras de bacias ou em unidades de preservação ambiental, rebaixamentos de lençol freático, etc.

## 14 - CONCLUSÕES

- Os aquíferos cársticos são o sistema mais explorado, em razão da expressiva ocorrência de rochas carbonáticas em subsuperfície na área que abrange o município. O sistema indefinido conta, também, com expressiva exploração. É reduzido o número de poços que captam água exclusivamente do aquífero granular, apesar da grande quantidade de aluviões quaternárias.
- Os Aquíferos fissurado e misto são pouco explorados. O fissurado é caracterizado como um sistema de baixo fornecimento de água, mas tem potencial para abastecimento de pequenas comunidades rurais.
- A população vem se utilizando da água subterrânea como alternativa, em decorrência da carência de água superficial, que é agravada principalmente no período de estiagem. A maioria dos poços encontram-se no meio rural.
- As águas são classificadas, em conjunto, como bicarbonatadas cálcicas e/ou magnesianas, havendo predomínio das primeiras.
- Com base nas características construtivas e de manutenção dos poços, existe contaminação da água por coliformes totais, estreptococos fecais e/ou coliformes fecais, tanto de origem humana quanto animal, estando os poços privados em situação mais crítica.
- A qualidade da água subterrânea, com base na análise de 8 poços, não indica qualquer restrição quanto ao uso agrícola ou da pecuária, porém, para o consumo industrial, recomenda-se uma avaliação técnica para verificar sua viabilidade econômica, já que essas águas exibiram caráter natural pouco incrustante ou agressivo.
- É possível aumentar a disponibilidade de água subterrânea no município em até 27%, caso os poços desativados e tamponados sejam reativados.

## 15 - RECOMENDAÇÕES

- Para se evitar que os mananciais de água subterrânea sejam contaminados devem-se adotar as seguintes medidas de precaução (CETESB, 1987; DACACH, 1979 e LEVES et al., 1988):
  - Afastamento adequado dos possíveis focos de contaminação, observando-se as distâncias mínimas de:
    - Fossas secas, tanques sépticos, linhas de esgoto: 15m;
    - Poços absorventes, linhas de irrigação subsuperficial, estábulos e currais: 30m;
    - Fossas negras (solução condenada): 45m;
    - Depósitos de lixo e estrumeiras: 15m;
    - Localização do fundo das fossas secas e dos poços absorventes: 2 a 3m acima do lençol freático.
  - Localização das instalações de esgotamento sanitário, depósitos de lixos, currais e estábulos em cota mais baixa que a fonte ou poço.
  - Construção de valetas divisoras de águas de enxurrada.
  - Construção de cercados, a uma distância mínima de 30m da fonte ou poço, para impedir o acesso de animais.
  - Proteção da tomada de água de fonte por intermédio de caixas cobertas e fechadas. Manter os poços (cisternas) cobertos e com revestimento impermeável até cerca de 3 a 4m de profundidade, prolongando uns 30cm acima do solo.
  - Retirada da água por tubulação.
- A fim de evitar entrada de águas externas (p.ex. no caso de ocorrer transbordamento de um curso d'água), o tubo de revestimento deve sobressair no mínimo 0,50m do terreno. Envolvendo totalmente essa porção saliente do tubo deve ser construída uma laje de concreto, fundida no local. A laje de proteção deve ter declividade do centro para a borda, espessura mínima de 0,15m e área não inferior a 1m<sup>2</sup>.
- Deve-se assegurar que foi feita a cimentação do poço tubular. A cimentação consiste em preencher com cimento o espaço anelar entre o tubo de revestimento e o orifício da perfuração e tem como objetivo evitar a infiltração vertical de água e contaminantes pela parte externa do poço, ou seja, através de percolação pelas paredes do tubo. A título de exemplo, para materiais não consolidados (saibro) com espessura igual ou superior a 10m, devem ser cimentados os 5m superiores.
- O poço deve ser lacrado com chapa soldada, tampa rosqueável com cadeado ou válvula de segurança.
- Quando, por qualquer motivo, um poço for desativado, este deve ser convenientemente selado a fim de evitar a contaminação de águas subterrâneas por substâncias indesejáveis ou no caso de poços jorrantes, evitar as perdas de água. Os materiais mais empregados para selagem dos poços são: cimento, cascalho, areia e argila.
- Obras de captação de água subterrânea devem ser executadas por empresas de

perfuração tecnicamente habilitadas e com registro no CREA. A empresa deverá seguir as normas técnicas para a construção de poços (NB-1290), com base no projeto construtivo (NB-588). Tais normas estabelecem o acompanhamento da obra por profissional de nível superior (geólogo ou engenheiro de minas), amostragem da água do poço para análise físico-química e bacteriológica, o fornecimento ao cliente de relatório de perfuração contendo os dados construtivos, perfil litológico, planilha de teste

de bombeamento, medidas dos níveis estático e dinâmico e vazão de teste.

- Considerando que a maior parte dos aportes de água subterrânea é proveniente dos aquíferos terciário-quadernários, através das fontes e surgências, e que os "Planaltos Residuais do São Francisco" constituem-se em grandes áreas agricultáveis, que sejam realizados estudos e monitoramento que possibilitem a prática de agricultura sem se constituir em fonte de contaminação.

## **16 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ANEEL - Agência nacional de Energia Elétrica. Análise de Consistência de Dados Pluviométricos da Bacia do Rio São Francisco - Mapa de Isoetas de Precipitação. Belo Horizonte: CPRM/ANEEL, 1997.
- APPELO, C.J.A. & POSTMA D. *Geochemistry, groundwater and pollution*. Netherlands, A.A. Balkema Publishers. 1994. 250p.
- BARBOSA, O. *Projeto Goiânia*. Goiânia. DNPM. 1970. 74p.
- CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. *Planoroeste: hidrogeologia subterrânea*. Belo Horizonte: CETEC, 1981. v.2.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água*. São Paulo. 1987.
- CHADHA, D. K. A proposed new diagram for geochemical classification of natural waters and interpretation of chemical data. *Hydrogeology Journal*, New Delhy, v. 7, n. 5, oct., 1999, p.431-439.
- COMIG - Companhia Mineradora de Minas Gerais. *Nota explicativa dos mapas geológicos, metalogenéticos e de ocorrências minerais do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte, 1994. 97p.
- CUSTÓDIO, E., LLAMAS, M., R., *Hidrologia Subterrânea* Barcelona: Ed. Ômega, 1976. v.2.
- DACACH, N.G. *Saneamento Básico*. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos. 1979.
- DOMENICO, P.A. & SCHWARTZ, F.W. *Physical and Chemical Hydrogeology*. John Willey & Sons. 1990. 824p.
- ENCICLOPÉDIA DOS MUNICÍPIOS MINEIROS: Bonfinópolis de Minas - Belo Horizonte; Armazém de Idéias, 1998. Vol. 2, pg. 70.
- FEITOSA, F.A. & FILHO, J.M. *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. Fortaleza: CPRM / UFPE - Laboratório de Hidrogeologia, 1997. 412p.
- INDI - Instituto de Desenvolvimento de Minas Gerais. Boletim de Sócio-Economia da Microrregião de Unaí: município de Bonfinópolis de Minas. Belo Horizonte: BDMG/INDI, 1999.
- JULIÃO, J. Apostila da disciplina química sanitária e ambiental. Material exclusivo para treinamento não comercializado. Belo Horizonte. 1995. 124p.
- LEVES, W.J., FOSTER, S., DRASAR, B.S. *Análisis de Contaminacion de las Águas Subterráneas por Sistemas de Saneamento Básico*. Centro Panamericano de Ingenieria



- Sanitária. Programa Regional de Prevencion e Control de la Contaminacion de Águas Subterrâneas, Lima, Peru. 1988. 102p.
- MESTRINHO, S.S.P. Apostila de curso de contaminação de aquíferos. Material exclusivo para treinamento não comercializado. Belo Horizonte. 1996. 99p.
- PATRUS, M. R.A. Estudo Hidrológico e de Qualidade de Água. Belo Horizonte. IBAMA/CPRM, 1998. v.1. In: APA Carste de Lagoa Santa; Meio Físico.
- PINTO, M.C.F. 2000. Parâmetros de Qualidade de Água. CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Belo Horizonte. Relatório Interno. 9p.
- PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO PARACATU (PLANPAR). R3-Inventário de Recursos Hídricos, Tomo III - Hidrogeologia, Volume 1 - Texto e Anexos. Seapa-MG/Ruralminas, Consórcio Magna/ Dam/ Eyser. Belo Horizonte. 1996.
- PORTO, R.L., BRANCO, S.M., CLEARY, R.W., COIMBRA, R.M., EIGER, S., LUCA, S.J., NOGUEIRA, V.P.Q., PORTO, M.F.A. *Hidrologia Ambiental*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Coleção ABRH de Recursos Hídricos. Editora da Universidade de São Paulo. 1991.v.3.
- SPERLING, M. von S. Apostila de ensino sobre Qualidade de Água. Material exclusivo para treinamento não comercializado. Belo Horizonte. 35p.
- VIANNA, M. R. 1992. *Hidráulica Aplicada às Estações de Tratamento da Água*. Belo Horizonte. Instituto de Engenharia Aplicada.

## **ANEXO 1**

---

Características Locacionais, Construtivas, Hidráulicas e Físico-Químicas 'in loco'

Nº do Ponto	Município	Localidade	Setor	Coordenadas		Data da Perfuração	Profundidade (m)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Vazão Específica (m <sup>3</sup> /h.m)	Situação do poço	Tipo de Aquífero	Parâmetros "in loco"			
				Longitude UTME	Latitude UTMN									pH	C.E (µS/cm)	STD (mg/L)	Temp. (°C)
DB-01	Dom Bosco	Faz. Gado Bravo	Particular	363025	8155290	Jul/99	102,60					Tamponado	Indefinido				
DB-02	Dom Bosco	R. Gentil Rosa de Oliveira, 391	Público	364802	8158657	1971	124,00	12,00	35,00	10,80	0,47	Desativado	Fissurado				
DB-03	Dom Bosco	Rua José Mendes, 381	Público	364541	8158257	1970	73,00	4,12	10,00	4,97	0,85	Desativado	Fissurado				
DB-04	Dom Bosco	Rua Francisco P.da Silva, 30	Público	364330	8158744	1971	93,00	8,90	21,84	7,99	0,62	Abandonado	Fissurado				
DB-05	Dom Bosco	Coop.Agropecuária de Unai	Particular	365055	8159216	1995	100,00	9,00	26,00	11,60	0,68	Ativo	Indefinido	6,65	199,30	139,51	27,40
DB-06	Dom Bosco	Faz. Lagares	Particular	365411	8158375	Out/97	84,00					Ativo	Indefinido	6,22	135,20	94,64	27,60
DB-07	Dom Bosco	Faz. Gado Bravo	Particular	366892	8159117	1993	100,00					Ativo	Cárstico	6,34	405,00	283,50	26,80
DB-08	Dom Bosco	Faz. Santa Cruz	Particular	368162	8160733	Jul/98	84,00					Tamponado	Indefinido				
DB-09	Dom Bosco	Faz. Luziana	Particular	367116	8160428	1988	100,00					Ativo	Cárstico	7,39	564,00	394,80	25,60
DB-10	Dom Bosco	Faz. Vargem Bonita	Particular	366722	8159588	1988	110,00					Ativo	Cárstico	7,92	496,00	347,20	25,70
DB-11	Dom Bosco	Faz. Paraíso - 04	Particular	361743	8157262	1993	112,00					Ativo	Cárstico	7,11	480,00	336,00	27,80
DB-12	Dom Bosco	Faz. Gado Bravo	Particular	363054	8160570	Jul/96	111,00					Ativo	Cárstico	6,96	546,00	382,20	27,50
DB-13	Dom Bosco	Faz. Campo Alegre	Particular	368855	8153552	1993						Ativo	Indefinido	7,28	212,00	148,40	27,90
DB-14	Dom Bosco	Faz. Nossa Senhora Aparecida	Particular	362562	8161586	15/09/99 a 05/10/99	60,00					Tamponado	Cárstico				
DB-15	Dom Bosco	Faz. Gado Bravo	Particular	360930	8161592	1995	80,00					Ativo	Cárstico	6,79	366,00	256,20	26,80
DB-16	Dom Bosco	Faz. Luar do Sertão	Particular	354502	8162916	1990	100,00					Ativo	Cárstico	6,90	484,00	338,80	25,70
DB-17	Dom Bosco	Faz. Gado Bravo	Particular	358279	8160023	1994	100,00					Ativo	Cárstico	6,24	534,00	373,80	27,10
DB-18	Dom Bosco	Faz. Gado Bravo	Particular	357595	8161731	1994	118,00					Ativo	Cárstico	7,22	452,00	316,40	26,10
DB-19	Dom Bosco	Faz. Saturno	Particular	360877	8158517		80,00					Tamponado	Indefinido				
DB-20	Dom Bosco	Faz. Gado Bravo	Particular	362033	8155979	Set/97	77,00					Ativo	Indefinido	6,90	200,00	140,00	26,30
DB-21	Dom Bosco	Faz. Santos Reis - 06	Particular	363233	8157739	1996	101,00					Ativo	Cárstico	7,42	361,00	252,70	27,30
DB-22	Dom Bosco	Faz. Gado Bravo	Particular	361766	8148994	1994	121,00					Tamponado	Indefinido				
DB-23	Dom Bosco	Posto Gira Mundo Ltda	Particular	360306	8148740	Nov/97	100,00					Ativo	Cárstico				
DB-24	Dom Bosco	Devaide	Particular	360466	8148862	Set/99	102,00					Tamponado	Indefinido				
DB-25	Dom Bosco	Faz. Extrema	Particular	358700	8144186	Out - Dez/94	110,00					Ativo	Indefinido	7,27	252,00	176,40	28,30
DB-26	Dom Bosco	Faz. Gado Bravo	Particular	360819	8148475							Ativo	Indefinido				
DB-27	Dom Bosco	Faz. Pontal	Particular	360235	8148570	Abr/94	125,00					Ativo	sto (fiss. + cár)	6,13	150,20	105,14	27,90
DB-28	Dom Bosco	Faz. Extrema	Particular	356593	8147307							Ativo	Indefinido	6,37	104,40	73,08	36,80
DB-29	Dom Bosco	Faz. Vargem Bonita	Particular	367624	8156276		96,50					Tamponado	Indefinido				
DB-30	Dom Bosco	Faz. Bargado	Particular	373274	8154853	10/08/85 a 22/09/85	70,00	4,00	22,00	11,31	0,63	Ativo	Cárstico	7,11	474,00	331,80	26,60
DB-31	Dom Bosco	Faz. Vargem Bonita	Particular	368692	8157121	1998	77,00	10,00	15,00			Tamponado	Indefinido				

Valores em vermelho indicam dados calculados

Características Locacionais, Construtivas, Hidráulicas e Físico-Químicas 'in loco'

Nº do Ponto	Município	Localidade	Setor	Coordenadas		Data da Perfuração	Profundidade (m)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Vazão Específica (m³/h.m)	Situação do poço	Tipo de Aquífero	Parâmetros "in loco"			
				Longitude UTME	Latitude UTMN									pH	C.E (µS/cm)	STD (mg/L)	Temp. (°C)
DB-32	Dom Bosco	Faz. Reserva Gado Bravo	Particular	374157	8153102	1993	102,00					Ativo	Cárstico	7,16	491,00	343,70	27,10
DB-33	Dom Bosco	Faz. Canabrava	Particular	370162	8154141	1992	82,00					Ativo	Indefinido	7,36	284,00	198,80	27,60
DB-34	Dom Bosco	Faz. Gado Bravo	Particular	367067	8153706	1995	100,00					Tamponado	Indefinido				
DB-35	Dom Bosco	Faz. Boa Vista	Particular	367480	8152019	Ago/97	100,00					Ativo	Cárstico	7,35	415,00	290,50	27,90
DB-36	Dom Bosco	Faz. Gado Bravo	Particular	364251	8151392	01/09/99 a 15/09/99	60,00	12,00				Ativo	Cárstico	6,66	173,00	121,10	29,50
DB-37	Dom Bosco	Faz. Gado Bravo - Gueba	Particular	369707	8153095	1993	112,00					Ativo	Cárstico	7,19	311,00	217,70	26,10
DB-38	Dom Bosco	Faz. Boa Vista	Particular	369804	8149606	Jun/90	70,00			10,00		Ativo	Indefinido	7,06	192,80	134,96	26,00
DB-39	Dom Bosco	Faz. Sapato	Particular	371969	8151854	21/01/99 a 02/02/99	60,00	4,20	29,00	8,80	0,35	Ativo	Cárstico	6,79	252,00	176,40	28,90
DB-40	Dom Bosco	Faz. Sapato	Particular	373655	8151628	Jun/95	80,00					Ativo	Cárstico	7,01	898,00	628,60	27,20
DB-41	Dom Bosco	Faz. Sapato	Particular	373764	8150742	Jul/94	72,00					Ativo	Cárstico	7,28	360,00	252,00	27,60
DB-42	Dom Bosco	Faz. Sapato	Particular	374533	8150680	Jul/94	80,00					Ativo	Cárstico	7,13	987,00	690,90	27,20
DB-43	Dom Bosco	Faz. Sapato	Particular	374810	8152350	Set/89	31,50					Ativo	Cárstico	7,30	511,00	357,70	27,50
DB-44	Dom Bosco	Faz. Gariroba	Particular	375600	8148704		140,00					Ativo	Indefinido	7,08	294,00	205,80	28,10
DB-45	Dom Bosco	Faz. Gariroba	Particular	372415	8148141	1995						Ativo	Granular	5,33	17,60	12,32	30,10
DB-46	Dom Bosco	Faz. Córrego Seco	Particular	360823	8151428							Ativo	Indefinido	7,46	189,00	132,30	29,10
DB-47	Dom Bosco	Faz. Canaã	Particular	356721	8148672	05/08/96 a 29/08/96	116,00	6,00	57,00	5,20	0,10	Ativo	Fissurado				
DB-48	Dom Bosco	Faz. Gado Bravo - Joana D' Ark	Particular	360107	8155122	1987	135,00					Ativo	Indefinido	7,17	203,00	142,10	27,17
DB-49	Dom Bosco	Faz. Gado Bravo	Particular	363661	8150783		100,00					Ativo	Indefinido				
DB-50	Dom Bosco	Faz. Gado Bravo	Particular	363207	8148414	1998	100,00					Ativo	Misto (fiss. + cárst.)	6,60	112,70	78,89	28,60
DB-51	Dom Bosco	Faz. Santo Antônio	Particular	365505	8146979	12/94 a 03/95	100,00					Ativo	Indefinido	6,84	140,60	98,42	28,10
DB-52	Dom Bosco	Faz. Gado Bravo	Particular	364675	8143834		100,00					Ativo	Indefinido	6,69	107,60	75,32	27,50
DB-53	Dom Bosco	Faz. Gado Bravo	Particular	366697	8144602	09/09/99 a 11/10/99	82,00	8,00	46,00	7,00	0,18	Tamponado	Indefinido				
DB-54	Dom Bosco	Faz. Gado Bravo - Peri-Peri	Particular	368998	8141979	1985	70,00					Ativo	Misto	7,16	201,00	140,70	26,80
DB-55	Dom Bosco	Faz. Arrozal	Particular	362199	8145734	1997	98,00					Ativo	Indefinido	6,95	275,00	192,50	27,30
DB-56	Dom Bosco	Faz. Buriti Grande	Particular	365091	8143542	1996	139,00					Ativo	Indefinido				
DB-57	Dom Bosco	Faz. Nossa Senhora de Fátima	Particular	365110	8141074	Jul/96	105,00					Ativo	Misto (Granular + Cárst.)	7,18	90,10	63,07	27,30
DB-58	Dom Bosco	Sítio Lagoa Azul	Particular	364048	8142557	Set/97	90,00					Ativo	Indefinido	7,18	203,00	142,10	27,30
DB-59	Dom Bosco	Faz. Rio Preto	Particular	366611	8136240	Out/98	137,00	8,00	50,00	8,00	0,19	Ativo	Indefinido	7,01	135,30	94,71	28,40

Valores em vermelho indicam dados calculados

Características Locacionais, Construtivas, Hidráulicas e Físico-Químicas 'in loco'

Nº do Ponto	Município	Localidade	Setor	Coordenadas		Data da Perfuração	Profundidade (m)	Nível Estático (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h)	Vazão Específica (m³/h.m)	Situação do poço	Tipo de Aquífero	Parâmetros "In loco"			
				Longitude UTME	Latitude UTMN									pH	C.E (µS/cm)	STD (mg/L)	Temp. (°C)
DB-60	Dom Bosco	Faz. Rio Preto	Particular	366575	8136265	Jan/86	100,00					Tamponado	Indefinido				
DB-61	Dom Bosco	Faz. Gado Bravo	Particular	367028	8148475	01/06/99 a 15/06/99	57,00					Ativo	Indefinido	6,41	121,20	84,84	26,30
DB-62	Dom Bosco	Faz. Córrego Seco	Particular	368920	8139283	31/10/98						Ativo	Indefinido				
DB-63	Dom Bosco	Faz. Rio Preto	Particular	368905	8133116		180,00					Ativo	Cárstico	9,14	474,00	331,80	27,00
DB-64	Dom Bosco	Vila Santo Antônio	Público	369002	8129760	1973	80,00	21,60				Ativo	Cárstico	7,30	264,00	184,80	28,40
DB-65	Dom Bosco	Faz. Santiago	Particular	371053	8130659	Jul/98	104,00					Tamponado	Indefinido				
DB-66	Dom Bosco	Faz. Lagoinha	Particular	373113	8130187	28/02/89	100,00					Ativo	Indefinido	6,63	201,00	140,70	27,30
DB-67	Dom Bosco	Faz. Esperança	Particular	365904	8131810							Ativo	Indefinido	6,80	224,00	156,80	27,00
DB-68	Dom Bosco	Vila Igrejinha	Público	359220	8138967	1984	47,00	25,40				Ativo	Granular	6,10	7,20	5,04	26,60
DB-69	Dom Bosco	Faz. Ilha do Limoeiro	Particular	359280	8135136		70,00					Ativo	Indefinido	6,52	211,00	147,70	28,10
DB-70	Dom Bosco	Faz. Porto dos Poções	Particular	355822	8138037	24/09/99	72,00					Ativo	Cárstico	7,00	241,00	168,70	28,40
DB-71	Dom Bosco	Faz. Poções	Particular	357634	8136591	13/01/93 a 23/01/93	73,00	12,00	27,00	9,80	0,65	Ativo	Cárstico				
DB-72	Dom Bosco	Faz. Meu Sertão	Particular	356791	8144583	12/09/98 a 13/09/98	120,00	18,00	80,00	6,00	0,10	Ativo	Cárstico	7,24	146,80	102,76	27,30
DB-73	Dom Bosco	Faz. Gado Bravo	Particular	364628	8152554							Ativo	Indefinido				
DB-74	Dom Bosco	Faz. Extrema	Particular	359240	8148714	14/10/99 a 05/11/99	53,00					Tamponado	Granular				
DB-75	Dom Bosco	Faz. Extrema	Particular	356459	8152008	1999						Tamponado	Indefinido				
DB-76	Dom Bosco	P.A Saco do Rio Preto	Público	346454	8154961	1997						Ativo	Indefinido	7,37	213,00	149,10	27,60
DB-77	Dom Bosco	Faz. Mulata	Particular	350802	8155850	1992	84,00					Ativo	Misto ( Granular + Cárst. )	7,36	605,00	423,50	26,10
DB-78	Dom Bosco	Faz. Serraria	Particular	352121	8157029	1992	95,00					Ativo	Indefinido	7,40	254,00	177,80	26,30
DB-79	Dom Bosco	Faz. Barroão	Particular	353830	8157729	1995	50,00					Ativo	Cárstico	7,01	681,00	476,70	25,70

Valores em vermelho indicam dados calculados

## **ANEXO 2**

---

### Características Organolépticas, Físico-Químicas, Químicas e Bacteriológicas

Nº do Ponto	Município	Localidade	Data da Coleta	Cor (mg/Pt)	Turbidez (unt)	Sólidos Totais (mg/L)	Dureza Total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>+2</sup> (mg/L)	Mg <sup>+2</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	Fe Total (mg/L)	Mn (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	F <sup>-</sup> (mg/L)	Fosfato Total em P	Coliformes Totais (em 100ml)
DB-11	Dom Bosco	Faz. Paraíso - 04	13/12/99	2,00	15,43	331,60	198,02	22,14	4,81	58,61	12,51	286,70	ND	18,85	0,51	0,71	0,11	<0,05	<0,001	0,13	0,08	110,00
DB-16	Dom Bosco	Faz. Luar do Sertão	14/12/99	2,00	22,37	232,40	114,85	11,82	1,93	27,72	11,07	155,55	ND	1,56	6,79	0,83	0,25	4,66	0,029	<0,05	0,02	1600,00
DB-27	Dom Bosco	Faz. Pontal	13/12/99	<1,00	2,50	154,80	49,50	17,19	0,85	12,67	4,33	109,90	ND	0,74	<0,25	0,44	0,06	<0,05	<0,001	0,15	0,09	130,00
DB-30	Dom Bosco	Faz. Bargado	13/12/99	<1,00	11,96	334,80	203,96	30,30	1,57	53,86	16,84	295,24	ND	18,53	15,46	1,22	0,56	<0,05	<0,001	0,80	0,02	350,00
DB-54	Dom Bosco	Faz. Gado Bravo - Peri-Peri	18/11/99	<1,00	1,45	160,60	46,00	24,00	0,56	10,40	4,86	123,22	ND	1,11	0,26	0,48	<0,05	<0,05	<0,001	0,50	<0,01	2,00
DB-64	Dom Bosco	Vila Santo Antônio	18/11/99	<1,00	0,99	212,60	108,00	16,63	0,83	32,80	6,32	179,34	ND	2,10	0,26	0,06	<0,05	<0,05	<0,001	0,18	<0,01	<2,00
DB-68	Dom Bosco	Vila Igrejinha	18/11/99	<1,00	35,77	109,73	1,50	0,33	0,46	0,40	0,12	3,66	ND	<0,1	0,26	4,72	<0,05	<0,05	0,007	0,25	<0,01	<2,00
DB-70	Dom Bosco	Faz. Porto dos Poções	18/11/99	<1,00	85,17	242,00	92,00	16,63	1,53	30,40	3,89	157,38	ND	7,50	1,02	5,39	0,16	<0,05	<0,001	0,47	<0,01	<2,00

## **ANEXO 3**

---



### Relação e Características dos Principais Parâmetros Analisados em Amostras de Água

Parâmetros	Limites máximos permissíveis	Características Gerais	Origem	Inconvenientes/ toxicidade	Formas de tratamento
Temperatura		<ul style="list-style-type: none"> <li>Consiste na medição da intensidade de calor. Medida em graus centígrados (°C).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Origem natural: transferência de calor por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo).</li> <li>origem antropogênica (intervenção humana): águas de torres de resfriamento, despejos industriais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elevações nas temperaturas aumentam a taxa de reações químicas e biológicas podendo intensificar a corrosão, incrustação e a atividade bacteriológica.</li> <li>Elevações de temperatura aumentam a taxa de transferência de gases podendo gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis.</li> </ul>	
Turbidez	1 UT <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>É a dificuldade da penetração da luz nas águas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Partículas em suspensão (plânctons, bactérias, argilas, siltes) e partículas orgânicas e inorgânicas finamente divididas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inconvenientes relacionados ao abastecimento urbano - aumento dos custos, comprometimento da desinfecção por cloro e dificuldade na filtração.</li> <li>Inconvenientes de natureza estética.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Os materiais que causam turbidez são bastante variáveis, portanto é praticamente impossível estabelecer regras fixas para removê-la. Para valores baixos de turbidez (&lt; 40UT e cor &lt;20UH) pode-se utilizar filtros lentos de areia, precedidos ou não de decantação, conforme o caso. Para valores maiores recomenda-se tratamento convencional (coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção).</li> </ul>
pH - potencial hidrogeniônico	6,5 a 8,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>É a relação numérica que expressa o equilíbrio entre íons (H<sup>+</sup>) e (OH<sup>-</sup>). Apresenta variação entre 0 a 14, sendo 7,0 o valor neutro. Águas com pH &lt; 7,0 são consideradas ácidas, e com pH &gt; 7,0, básicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alterações naturais advêm da presença de ácidos carbônicos e húmicos (provenientes do solo) dissolvidos.</li> <li>As maiores alterações no pH são provocadas por despejos industriais e águas residuárias de minas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Águas com pH baixo são agressivas, podendo causar corrosão em tubulações e águas com pH elevado indicam possibilidade de incrustações nas tubulações.</li> <li>Alterações bruscas de pH (&lt;5,0 ou &gt;9,0) podem causar o desaparecimento de espécies aquáticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O controle da corrosão e/ou incrustação relativa ao pH tem sido feito nas estações de tratamento brasileiras através da adição de cal ao final do processo.</li> </ul>
Cor	5 UH <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resulta da presença de sólidos totais nas suas diversas frações. Os sólidos correspondem a todas as impurezas das águas com exceção de gases dissolvidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Origem natural: decomposição de matéria orgânica, presença de íons metálicos (Ferro e Manganês), presença de plâncton.</li> <li>Origem antropogênica (atividade humana): componentes orgânicos e inorgânicos de origem industrial ou agrícola.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inconvenientes econômicos (uso industrial) e estéticos (abastecimento público).</li> <li>Inconvenientes sanitários quando decorrente de efluentes industriais.</li> <li>A cloração da água contendo matéria orgânica dissolvida pode gerar produtos potencialmente cancerígenos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Da mesma forma que a turbidez, a cor advêm de materiais variados. Pode-se utilizar filtros lentos de areia, precedidos ou não de decantação para valores baixos de cor (&lt;20UH e turbidez &lt; 40UT). Recomenda-se tratamento convencional (coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção) para valores mais elevados.</li> </ul>

### Relação e Características dos Principais Parâmetros Analisados em Amostras de Água

Parâmetros	Limites máximos permissíveis	Características Gerais	Origem	Inconvenientes/ toxicidade	Formas de tratamento
Condutividade Elétrica		<ul style="list-style-type: none"> <li>É a capacidade da água transmitir corrente elétrica. Apresenta relação proporcional à concentração de substâncias iônicas dissolvidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>É determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. Grandes variações decorrem de lançamentos de despejos industriais e de mineração e esgotos domésticos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Condutividade elétrica elevada pode estar relacionada a alterações de sabor e problemas de corrosão ou incrustação em tubulações e reservatórios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dependendo da natureza das substâncias dissolvidas o tratamento deverá ser direcionado para remoção da dureza ou extração dos sólidos totais dissolvidos.</li> </ul>
Dureza Total	500 mg/L CaCO <sub>3</sub> <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>É caracterizada pela dificuldade de formação de espuma pelo uso de sabões. É dada pela concentração de cátions em solução, em especial o cálcio e o magnésio. Pode ser classificada como dureza de carbonato e dureza de não carbonato dependendo do ânion com a qual ele está associada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Origem natural: dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio (ex.: rochas calcárias).</li> <li>Grandes teores provêm de despejos de indústrias têxteis, químicas, lavanderias e curtumes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inibe a formação de espuma</li> <li>Formação de incrustações nas tubulações e equipamentos</li> <li>Sabor desagradável</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A remoção da dureza pode ser feita pelos seguintes métodos: <ul style="list-style-type: none"> <li>adição de cal e soda em quantidade precisamente calculada;</li> <li>utilização de substâncias (resinas sintéticas) que promovem a troca iônica extraíndo o cálcio e o magnésio da água.</li> </ul> </li> </ul>
Na <sup>+</sup> (sódio) K <sup>+</sup> (potássio) Mg <sup>+2</sup> (magnésio) Ca <sup>+2</sup> (cálcio) HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (bicarbonato)		<ul style="list-style-type: none"> <li>A quase totalidade dos íons dissolvidos nas águas é constituída por estes íons os quais são determinantes dos aspectos químicos das águas. Teores acima do padrão regional poderão indicar contaminação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sódio: dissolução de rochas ricas em feldspato, rochas compostas por sais, efluentes urbanos e industriais.</li> <li>Potássio: dissolução de rochas ricas em feldspato e mica, efluentes industriais, minerários e agrícolas.</li> <li>Magnésio: dissolução de rochas ricas em minerais contendo Mg (dolomita, serpentina, piroxênio, anfibólio, olivina, mica).</li> <li>Cálcio: dissolução de rochas ricas em minerais contendo Ca (carbonato, gipso, feldspato, anfibólio).</li> <li>Bicarbonato: no CO<sub>2</sub> atmosférico e no CO<sub>2</sub> proveniente da decomposição da matéria orgânica no solo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cálcio e magnésio: contribuem para a dureza da água e na produção de incrustações nas tubulações.</li> <li>Sódio: é prejudicial às plantas pois reduz a permeabilidade do solo dificultando a infiltração da água. Também cria problemas de espumas em caldeiras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cálcio e magnésio: tratamento indicado para dureza (conferir abaixo).</li> <li>Sódio: tratamento indicado para sólidos dissolvidos (conferir abaixo).</li> </ul>

### Relação e Características dos Principais Parâmetros Analisados em Amostras de Água

Parâmetros	Limites máximos permissíveis	Características Gerais	Origem	Inconvenientes/ toxicidade	Formas de tratamento
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	400 mg/L <sup>-1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substância aniônica moderada a altamente solúvel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Origem natural: atmosfera, dissolução de minerais que contêm o ion sulfato (gipso), oxidação de minerais que contêm enxofre na estrutura (sulfetos) presentes na rocha.</li> <li>Origem antropogênica: lançamento de esgotos e despejos industriais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Odor, sabor amargo.</li> <li>Corrosão nas tubulações.</li> <li>Efeito catártico (purgativo).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adição de cal e soda em quantidade precisamente calculada (abrandamento por cal).</li> <li>Tratamento com membrana semi-permeável (ver tratamento para sólidos totais dissolvidos).</li> </ul>
Fósforo (Fosfato total em P)		<ul style="list-style-type: none"> <li>O fósforo na água apresenta-se nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Origem natural: dissolução de compostos do solo, decomposição de matéria orgânica.</li> <li>Origem antropogênica: despejos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não apresenta problemas de ordem sanitária nas águas de abastecimento.</li> </ul>	
CL <sup>-</sup> (Cloro)	250 mg/L <sup>-1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>É um dos principais ânions inorgânicos presentes na água e em efluentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Origem natural: dissolução de sais presentes na rocha, atmosfera e concentração no solo pela evapotranspiração (evaporação da água do solo e transpiração das plantas).</li> <li>Origem antropogênica: resíduo da indústria de álcool (vinhaça), fertilizantes inorgânicos, esgoto industrial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gosto desagradável</li> <li>Complicações para a saúde em teores acima de 600mg/L.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para valores entre 250 e 600 exige-se coagulação, seguida ou não de decantação, filtração e desinfecção (Tratamento Convencional).</li> <li>Para valores acima de 600 além do tratamento convencional deve-se adotar métodos complementares.</li> <li>Alternativamente pode-se usar dessalinizadores para valores acima de 250mg/L.</li> </ul>
Alumínio	0,2 mg/L <sup>-1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Condições físico-químicas particulares favorecem ou não a solubilidade deste ion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alumínio é abundante nas rochas e minerais. O aumento de seu teor nas águas é decorrente do lançamento de efluentes industriais, esgotos domésticos, resíduos industriais, de minerações e de produtos utilizados na agricultura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não é considerado tóxico ou prejudicial à saúde, mas há interesse em se controlar a concentração nas águas de abastecimento público e industrial, para prevenir precipitações e sedimentações.</li> </ul>	

### Relação e Características dos Principais Parâmetros Analisados em Amostras de Água

Parâmetros	Limites máximos permissíveis	Características Gerais	Origem	Inconvenientes/ toxicidade	Formas de tratamento
F (Fluoretos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>As concentrações de fluoreto em água potável são estabelecidas considerando a quantidade de fluoretos ingerida diariamente, uma vez que a ingestão de água varia com a temperatura ambiente. Para temperaturas médias anuais entre 14,7° C e 32,6° C o limite mínimo para consumo é de 0,6mg/L (32,6° C) e o máximo de 1,5mg/L (14,7° C).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>São essenciais em águas para consumo humano em concentrações baixas (0,6 a 1,2mg/L) para prevenção de cáries infantis. Maiores concentrações são prejudiciais à saúde.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sua presença em águas naturais não poluídas deve-se ao contato com rochas que contenham flúor, nesse caso seu teor raramente ultrapassa 1,0 mg/L.</li> <li>Maiores concentrações ocorrem devido ao lançamento de despejos de indústrias químicas, de vidro, de beneficiamento de minério, dentre outras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concentrações altas, entre 8,0 e 20,0mg/L são prejudiciais à saúde por causar fluorose dental em crianças e fluorose endêmica cumulativa, com conseqüentes lesões esqueléticas em crianças e adultos.</li> <li>Doses excessivas são letais ao homem.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Os intervalos de concentração de fluoreto para fins de tratamento devem ser analisados juntamente com o valores de coliformes, pH, cloretos, turbidez e cor.</li> <li>Para valores menores de 1,5mg/L apenas a desinfecção é suficiente.</li> <li>Para valores entre 1,5 e 3,0mg/L é exigida a filtração (filtros lentos de areia), precedida ou não de decantação.</li> <li>Para valores acima de 3,0mg/L recomenda-se tratamento convencional (coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção).</li> </ul>
Nitrogênio Orgânico	0,03mg/L <sup>*3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>É todo o nitrogênio presente em compostos orgânicos como proteínas, aminoácidos, aminos, amidos, nitro-derivados e outros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Origem natural: presente em matéria orgânica não decomposta.</li> <li>Origem antropogênica: lançamentos de esgotos domésticos e lançamentos de origem orgânica.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Emprega-se a oxidação: compreende a aplicação de um oxidante na água, sendo convencional o emprego de cloro, da ozona e do permanganato de potássio.</li> </ul>
Nitrogênio amoniacal	0,05mg/L <sup>*3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resultante da decomposição do nitrogênio orgânico pela ação de bactérias saprófitas (que se nutrem de restos de animais e plantas em decomposição).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Origem natural: decomposição de matéria orgânica.</li> <li>Origem antropogênica: indústria química (fibras sintéticas), fertilizantes, combustíveis, efluentes sanitários.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sua presença indica contaminação recente e perigosa, pois favorece a multiplicação de microorganismos.</li> <li>Concentrações acima de 2,5mg/L são tóxicas para algumas espécies de peixes de água doce.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aeração - introdução de ar na massa de água, pois o nitrogênio amoniacal é um composto altamente volátil. Pode-se adotar sistemas mais simples do tipo cascata, tabuleiro ou repuxo.</li> </ul>
Sólidos Totais Dissolvidos	1000 ppm	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corresponde ao peso de todas substâncias dissolvidas na água, sejam estas voláteis ou não.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Os sólidos dissolvidos são naturalmente encontrados nas águas devido ao desgaste das rochas pela água. Grandes concentrações decorrem do lançamento de esgotos domésticos e despejos industriais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excesso de sólidos dissolvidos na água pode causar alterações de sabor e problemas de corrosão em tubulações e reservatórios. Em águas utilizadas para irrigação, pode gerar problemas de salinização do solo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>São usados sistemas de separação por membranas. O sistema mais comum utiliza uma corrente de alimentação (a água salinizada) pressurizada fluindo paralelamente à superfície da membrana, deixando para trás as partículas rejeitadas que se juntam à parcela remanescente da corrente de alimentação. Existem, portanto duas correntes de saída: a solução que passou através da membrana (reduzida em até 95% dos sais dissolvidos) e a solução concentrada remanescente (rejeito). São chamados dessalinizadores.</li> </ul>

### Relação e Características dos Principais Parâmetros Analisados em Amostras de Água

Parâmetros	Limites máximos permissíveis	Características Gerais	Origem	Inconvenientes/ toxicidade	Formas de tratamento
Sólidos Totais		<ul style="list-style-type: none"> <li>Os Sólidos Totais correspondem à soma dos sólidos totais dissolvidos e os sólidos em suspensão. Os sólidos em suspensão são partículas insolúveis presentes na água. A determinação é feita filtrando-se uma amostra de água e determinando a quantidade de matéria retida no filtro utilizado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Os sólidos em suspensão se dividem em duas classes:               <ul style="list-style-type: none"> <li>Sólidos não Sedimentáveis são as partículas que em repouso podem formar suspensões. São as chamadas suspensões coloidais.</li> <li>Sólidos Sedimentáveis são aqueles que se depositam no fundo de recipiente com a água em repouso, em determinado intervalo de tempo.</li> </ul> </li> <li>A origem para os Sólidos Totais é a mesma estabelecida para os Sólidos Totais Dissolvidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Os mesmos relacionados aos sólidos totais dissolvidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sólidos Totais Dissolvidos - tratamento descrito acima.</li> <li>Suspensões e Soluções coloidais - a remoção é feita através de processos químicos adicionando-se à água compostos designados como coagulantes e floculantes tais como: sulfato de alumínio, sulfato ferroso, sulfato férrico, cloreto férrico, aluminato de sódio.</li> <li>Sólidos em suspensão (sedimentáveis) - pode-se empregar filtros de areia, tanques de decantação em que a separação dos sólidos se faz pela ação da gravidade ou tanques desarenadores em que as partículas são decantadas a partir da diminuição da velocidade da água através de barreiras.</li> <li>Em casos em que a quantidade de sólidos totais é muito elevada (turbidez acima de 40UNT) é necessária a adoção de tratamento convencional: coagulação, seguida ou não de decantação, filtração e desinfecção.</li> </ul>
Nitrato	10 mg/L * <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O nitrato é um dos compostos que apresentam maiores problemas nas águas subterrâneas devido sua grande mobilidade, estabilidade em condições aeróbicas (com oxigênio) e risco para saúde humana.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Origem natural: dissolução de rochas, oxidação bacteriana de matéria orgânica, principalmente das eliminadas pelos animais e descargas elétricas.</li> <li>Origem antropogênica: fertilizantes, esgotos domésticos e efluentes orgânicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acima de 40mg/L provoca cianoses em crianças.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coagulação seguida de filtração.</li> <li>Adição de cal.</li> <li>Tratamento com membranas semi-permeáveis - custo elevado.</li> <li>Processo de troca iônica com o uso de resinas sintéticas.</li> <li>Utilização de materiais adsorventes como carvão ativado.</li> </ul>

### Relação e Características dos Principais Parâmetros Analisados em Amostras de Água

Parâmetros	Limites máximos permissíveis	Características Gerais	Origem	Inconvenientes/ toxicidade	Formas de tratamento
Nitrito	1mg/L * 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Composto instável, produzido a partir da oxidação da amônia pela ação de bactérias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Origem natural: oxidação da amônia - indicativo de contaminação recente por redução bacteriana de nitratos.</li> <li>Origem antropogênica: contaminação por gasolina, uso de fertilizantes, lançamento de esgotos domésticos e efluentes orgânicos em processo de decomposição.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impotabiliza a água, pois sua presença indica poluição com possibilidade de existência de microorganismos patogênicos.</li> <li>Em meio ácido forma composto cancerígeno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quantidades excessivas requerem tratamento complexo e com custo elevado, como a adsorção, no qual os compostos dissolvidos na água são transferidos para a superfície de um material adsorvente (carvão aditivado).</li> </ul>
Fe Total (Ferro Total)	0,3mg/L * 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pode ser encontrado nas formas di e trivalentes como solução, colóides, suspensão ou em complexos orgânicos e minerais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Origem natural: dissolução de minerais (silicatos, siderita, hidróxidos e sulfetos), corrosão de metais (p.ex. tubos de revestimento de poço tubular).</li> <li>Origem antropogênica: lançamento de efluentes industriais, drenagem de minas ácidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Possibilita o desenvolvimento de ferro-bactérias.</li> <li>Sabor desagradável.</li> <li>Propriedade de manchar a roupa lavada.</li> <li>Acúmulo de depósitos nas tubulações.</li> <li>Imprópria para uso industrial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aeração - consiste na introdução de ar na massa de água levando à oxidação e precipitação do ferro. Pode-se adotar sistemas mais simples do tipo cascata, tabuleiro ou repuxo ou sistemas mais sofisticados como: coluna de aeração com enchimento (PCA) ou aeração difusa.</li> <li>Adição de cloro.</li> <li>Emprego de substâncias (resinas sintéticas) que promovam a extração do ferro através de troca catiônica.</li> </ul>
Mn Total (Manganês Total)	0,1mg/L * 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Está presente em praticamente todos os solos, principalmente na forma de dióxido de manganês, solúvel sob condições anaeróbicas (sem oxigênio).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Origem natural: dissolução de minerais contendo manganês.</li> <li>Origem antropogênica: mineração de manganês, lançamento de efluentes industriais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formação de incrustações nas tubulações.</li> <li>Propicia o desenvolvimento de certas bactérias que formam depósitos insolúveis de sais de manganês.</li> <li>Sabor desagradável.</li> <li>Quando em quantidade excessiva pode afetar o sistema nervoso central.</li> <li>Tóxico para plantas em níveis altos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O manganês apresenta comportamento químico semelhante ao do ferro, portanto sua remoção pode ser feita também através da aeração (com elevação do pH para 9) ou adição de cal e soda (precedida de decantação e filtração) ou emprego de substâncias que promovam a extração do manganês através de troca catiônica.</li> </ul>
SiO <sub>2</sub> (Silica)		<ul style="list-style-type: none"> <li>Os silicatos dissolvem-se lentamente, se comparados a minerais de rochas ricas em sais e carbonatos e dessa forma, têm um efeito pouco pronunciado na química das águas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dissolução de silicatos (minerais comuns nas rochas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Águas saturadas em sílica podem ocasionar a formação de duras incrustações, porém estas são bastante raras visto que as mudanças de temperatura, necessárias à precipitação da sílica, são muito pequenas no interior do poço.</li> </ul>	

### Relação e Características dos Principais Parâmetros Analisados em Amostras de Água

Parâmetros	Límites máximos permissíveis	Características Gerais	Origem	Inconvenientes/ toxicidade	Formas de tratamento
Ferro-bactérias		<ul style="list-style-type: none"> <li>Bactérias não patogênicas (não causam doenças) que fazem parte da flora aquática. Têm a capacidade de aproveitar compostos de ferro em seu metabolismo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para que haja a multiplicação das ferro-bactérias são necessárias as seguintes condições: águas relativamente frias - abaixo de 18,5° C; águas com elevado conteúdo em ferro - mais de 1ppm; águas pouco salinas - com resíduo seco menor de 1000ppm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A multiplicação intensa de ferro-bactérias pode transformar, em pouco tempo, a água límpida e incolor em água turva e avermelhada com desprendimento de mau cheiro e aparecimento de mau gosto.</li> <li>Dependendo do gênero da ferro-bactéria, pode haver corrosão da tubulação de ferro ou a formação de depósitos volumosos de compostos férricos nas paredes dos tubos ou filtros, reduzindo a produção dos poços.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alcalinização do poço com cal ou barrilha.</li> <li>Utilização de produtos comerciais como <b>Wellclean</b>.</li> <li>Utilização de polifosfatos juntamente com cloração.</li> <li>É aconselhável o monitoramento periódico dos poços tubulares para verificar a tendência de deterioração das condições ou para controle do processo de tratamento.</li> </ul>
Coliformes totais e fecais	Até 10NMP <sup>*1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Os microorganismos do gênero coliforme constituem-se os melhores indicadores da possível presença nas águas de material fecal de origem humana ou de animais de sangue quente e, conseqüentemente, de organismos patogênicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tanques (fossas) sépticos, linhas de esgoto, aterros sanitários.</li> <li>Lagoas de oxidação.</li> <li>Aplicação de águas residuárias (esgoto doméstico) na terra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A presença de coliformes nas águas por si só não representa problemas de saúde, indicando apenas a possível presença de fezes e, portanto, de outros organismos presentes nas fezes transmissores de doenças como a febre tifóide e paratifóide, disenteria bacilar, cólera, hepatite, dentre outras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para valores de colif. Totais até 50 e Fecais &lt;2 a simples desinfecção é suficiente (cloro ou ozona).</li> <li>Para valores de colif. Totais até 5000 e Fecais até 1000 é necessária a filtração seguida de desinfecção.</li> <li>Para valores de colif. Totais de 10.000 e fecais até 2.000 é exigido tratamento convencional (coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção).</li> <li>Para valores de colif. Totais até 20.000 e fecais até 5.000 deve ser realizado tratamento especial.</li> <li>Para valores de colif. Totais acima de 20.000 e fecais acima de 5.000 o tratamento exige processos complexos e dispendiosos.</li> </ul>
Estreptococos fecais		<ul style="list-style-type: none"> <li>São microorganismos existentes em grande quantidade em fezes de animais e em menores quantidades em fezes humanas. A avaliação, associada à de coliformes fecais, pode indicar a origem fecal animal ou humana.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ocorrem em águas contaminadas com dejetos de origem fecal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>São apenas indicadores da ocorrência de fezes de animais nas águas, não representando problemas por si só.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>As formas de tratamento empregadas para remoção de coliformes totais e fecais são eficazes também para estreptococos fecais.</li> </ul>
Sulfetos		<ul style="list-style-type: none"> <li>Relaciona-se ao íon SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Origem natural: decomposição anaeróbica da matéria orgânica.</li> <li>Origem antrópica: despejos domésticos e industriais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sob condições anaeróbicas, o íon sulfato é reduzido a íon sulfeto que, em equilíbrio com o íon Hidrogênio, forma o sulfeto de hidrogênio que provoca a corrosão de tubulações.</li> </ul>	

### Relação e Características dos Principais Parâmetros Analisados em Amostras de Água

Parâmetros	Limites máximos permissíveis	Características Gerais	Origem	Inconvenientes/ toxicidade	Formas de tratamento
Defensivos agrícolas (organoclorados)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aldrin e Dieldrin - 0.03*1 µg/L</li> <li>▪ Clordano - 0.3*1 µg/L</li> <li>▪ Heptacloroepóxido - 0.1*1 µg/L</li> <li>▪ Heptacloro - 0.01*3 µg/L</li> <li>▪ Eldrin - 0.2*1 µg/L</li> <li>▪ DDT - 1.0*1 µg/L</li> <li>▪ PCB's - 0.001*3 µg/L</li> <li>▪ Toxafeno - 0.01*3 µg/L</li> <li>▪ Endosulfan - 0.004*3 µg/L</li> <li>▪ 2,4D - 100*1 µg/L</li> <li>▪ 2,4,5 - TP - 10*3 µg/L</li> <li>▪ 2,4,5-T - 2.0*3 µg/L</li> <li>▪ Tetracloreto de Carbono - 3.0*1 mg/L</li> <li>▪ Tetracloroeteno - 10*1 mg/L</li> <li>▪ Hexaclorobenzeno - 0.1*1 mg/L</li> <li>▪ Tricloroeteno - 30*1 mg/L</li> <li>▪ Trihalometano - 100*1 mg/L</li> <li>▪ 1,1 Dicloroetano - 0.3*1 mg/L</li> <li>▪ 1,2 Dicloroetano - 10*1 mg/L</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ São compostos orgânicos e inorgânicos, utilizados no controle e destruição de plantas e animais nocivos à sociedade</li> <li>▪ Os defensivos agrícolas, os pesticidas dividem-se em: inseticidas, fungicidas, bactericidas, herbicidas, nematicidas, rodenticidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Origem antrópica: lixiviação de solos ou do escoamento superficial de áreas agrícolas. São também gerados pela indústria petroquímica, carvão, plástico, na fabricação de tintas, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Muitos desses compostos são resistentes à biodegradação em meio líquido, outros são altamente bioacumuláveis nas cadeias tróficas superiores, e algumas centenas deles provocam mutações, carcinogenicidade e teratogenicidade.</li> <li>▪ Os herbicidas utilizam dioxicina na sua fabricação, causador de câncer.</li> <li>▪ Os inseticidas fosforados e carbonatos atuam sobre o sistema nervoso, matando por asfixia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A presença destes componentes em concentrações excessivas, conduz à necessidade de processos de tratamento com elevado custo e operação complexa envolvendo abrandamento, adsorção, aeração, oxidação, tratamento com membranas, troca iônica.</li> <li>▪ Processos de remediação de contaminação de água subterrânea são extremamente dispendiosos e muitas vezes pouco eficazes. Incluem: remoção dos contaminantes do solo, tratamento dos contaminantes in situ, atenuação dos riscos através de medidas institucionais.</li> </ul>
Óleos e Graxas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Benzeno - 10*1 mg/L</li> <li>▪ Tolueno</li> <li>▪ Etilbenzeno</li> <li>▪ Para-xileno</li> <li>▪ Meta-xileno</li> <li>▪ Orto-xileno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ São substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal, tais como ácidos graxos, ceras, óleos, gorduras, sabões e graxas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Origem natural: ocorrem raramente devido à decomposição de matéria orgânica.</li> <li>▪ Origem antrópica: despejos domésticos e industriais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Podem ocasionar câncer em homens e animais além de uma série de outros problemas tais como distúrbios hepáticos, distúrbios cardio-vasculares, depressão do sistema nervoso, distúrbios psíquicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Processos de tratamento e remediação semelhantes aos requeridos para os organoclorados.</li> </ul>

Fontes: Appelo & Postma (1994), CETESB (1987), Custódio & Llamas (1976), Domenico & Schwartz (1990), Julião (1995), Mestrinho (1996), Patrus (1998), Pinto (2000), Porto et. al. (1991), Sperling (apostila de ensino), Vianna (1992).

\*1 - Ministério da Saúde (portaria nº 36/90)

\*2 - Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA - resolução nº 20 - 18/06/86)

\*3 - Departamento Nacional de Produção Mineral (Perfil analítico de Águas Minerais, boletim nº 49, v. 2)



## Glossário

**Aeração** - Introdução de ar na massa de água objetivando a remoção de alguma substância, por oxidação ou volatilização.

**Adsorção** - Fixação das moléculas de uma substância (a água, no caso) na superfície de outra substância ( a resina sintética).

**Adsorvente** - Substância (resina sintética) que fixa as moléculas da água.

**Ânions** - Átomos ou grupo de átomos com carga negativa (p.ex. Cl<sup>-</sup>-cloreto, F<sup>-</sup>-fluoreto).

**Cátions** - Átomos ou grupo de átomos com carga positiva (p.ex: Na<sup>+</sup> -sódio, Ca<sup>+2</sup> -cálcio).

**Coagulação** - Operação na qual é realizada a desestabilização das partículas não sedimentáveis (em suspensão) presentes na água, permitindo que elas formem flocos possíveis de serem sedimentados ou filtrados.

**Colóides** - Substâncias que não se cristalizam (não se sedimentam) ou cristalizam-se muito dificilmente e difundem-se com lentidão extrema na água.

**Complexos Orgânicos** - Compostos contendo átomos de carbono.

**Condução** - Transmissão de calor através do solo ou rocha para a água.

**Convecção** - Processo de transmissão de calor através da água que é acompanhado por correntes que se formam em seu interior.

**Decantação** - Separação dos sólidos da água pela ação da gravidade.

**Decomposição** - Processo desencadeado pela água e variações térmicas que incidem sobre as rochas promovendo alterações nos minerais e no seu estado de rigidez (as rochas tornam-se mais moles, mais fáceis de escavar).

**Dissolução** - Efeito de fazer passar uma substância para a solução.

**Efluentes** - Flúidos resultantes de um processo industrial, minerário ou de esgotamento urbano.

**Floculação** - Formação de flocos, mediante adição de substância específica que permite a aglutinação de partículas não sedimentáveis.

**Fluorose** - Intoxicação crônica com flúor, defeito do esmalte dos dentes causado pela ingestão de quantidades excessivas de flúor junto com a água potável e que consiste em aparência baça, branca, com manchas pardas.

**Fluorose endêmica cumulativa** - Fluorose que ocorre constantemente em determinada região, sem grandes variações de incidência, mas cujos efeitos aumentam em intensidade por sucessivas adições de flúor ao organismo.

**Forma Divalente** - Forma do átomo (p.ex. Fe<sup>+2</sup>) que permite a efetuação de duas ligações químicas com outros átomos para formar moléculas.

**Forma Trivalente** - Forma do átomo (p.ex: Fe<sup>+3</sup>) que permite a efetuação de duas ligações químicas com outros átomos para formar moléculas.

**Fossa Negra** - é uma escavação que recebe excretas ou despejos, desprovida de revestimento interno impermeabilizante, cujo fundo atinge ou fica a menos de 1,5 m acima do lençol freático, em condições de poluir a água utilizada para consumo doméstico, oriunda de poços.

**Fossa Seca** - corresponde a uma escavação desprovida de revestimento interno impermeabilizante que recebe excretas ou despejos, com capacidade geralmente superior a 1000 litros e que se encontra a uma distância superior a 1,5 m do lenço freático.

**Fossa Séptica** - é uma caixa de passagem dos despejos domésticos que, após nela deixarem a maior parte das matérias suspensas, vão infiltrar-se no terreno ou descarregar num curso d'água, neste caso após passar por um leito de areia adequadamente preparado.

**Incrustação** - Depósito de matéria sólida, inicialmente dissolvida na água, sobre qualquer superfície.

**Íon** - Átomo ou agrupamento de átomos com excesso ou falta de carga negativa (Ex: Na<sup>+</sup>, Fe<sup>+2</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>).

**Lixiviação** - Separação de certas substâncias por lavagem.

**Membrana semi-permeável** - Membrana através da qual é possível ocorrer a passagem da água, mas não das substâncias dissolvidas.

**Metabolismo** - Conjunto de mecanismos químicos necessários ao organismo para a formação, desenvolvimento e renovação das estruturas celulares.

**Oxidação** - Combinação de íon ou molécula com o oxigênio.

**Oxidante** - Substância que produz a combinação das moléculas com o oxigênio.

**Patogênico** - Capaz de produzir doenças.

**Plâncton** - Comunidade de pequenos animais e vegetais que vivem em suspensão nas águas.

**Poço Absorvente** - é semelhante à fossa seca no entanto, a escavação não se encontra imediatamente abaixo do piso da construção (casinha ou abrigo), mas situada em posição lateral. Conecta-se à abertura para a passagem das excretas através de tubulação. Normalmente empregado quando utiliza-se para a limpeza anal, de uma descarga manual de água.

**Precipitação** - Formação de substância sólida a partir de uma solução líquida.

**Radiação** - Processo físico de emissão e propagação de calor (ex: radiação solar).

**Resina Sintética** - Produtos elaborados artificialmente por síntese química, que se cristaliza rapidamente assumindo aspecto vítreo. Possuem a superfície carregada eletricamente.

**Soda** - soda caústica.

**Suspensão** - diz-se de partículas que estão imersas em uma fase líquida (água).

**Troca catiônica, Troca iônica** - Substituição do íon dissolvido na água por outro da superfície eletricamente carregada da água.

**Voláteis** - Substâncias que podem ser reduzidos a gás ou vapor.

# **DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA**



**Foto 1** - Fraturamento em rochas pelíticas. Local: Fazenda Luiziana. UTM: 367116E/8160428N. Fraturas:  $F_1 = 120^\circ/ 90^\circ$ ;  $F_2 = 130^\circ/ 55^\circ$ ;  $F_3 = 175^\circ/60^\circ$  e  $F_4 = 40^\circ/90^\circ$ .



**Foto 2** - Acamamento em rocha pelítica com atitude  $N30^\circ W$ . Local: Fazenda Luiziana. UTM: 3671116E/8160428N.



**Foto 3** - Poço tubular com risco potencial de contaminação elevado, em razão da deficiência construtiva, notando-se ausência de cimentação do espaço anelar e da laje de proteção sanitária. Essa situação facilita a infiltração de água superficial e contaminantes. Local: Fazenda Gado Bravo. UTM: 361766E/8148994N.



**Foto 4** - Poço tubular com laje não apropriada e solapamento da mesma. Notar proximidade da residência e curral. Local: Fazenda Luar do Sertão. UTM: 354502E/8162916N.



**Foto 5** - Poço tubular produtivo cercado com muro de alvenaria, porém sem laje de proteção sanitária. Notar proximidade de pocilga. Local: Cooperativa Agrícola de Unai - Entreposto Dom Bosco. UTM: 365055E/8159216N.



**Foto 6** - Poço tubular produtivo mostrando ausência da laje de proteção sanitária, tampa não apropriada e baixa qualidade de revestimento. Local: Fazenda Vargem Bonita. UTM: 366722E/8159588N.