

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 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

**CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA
DO MUNICÍPIO DE ARINOS**

Execução:

Eduardo Jorge Machado Simões

Coordenação:

Maria Antonieta Alcântara Mourão

Apoio:

Angélica Garcia Soares
Reynaldo Murilo D. A. de Brito

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 Arinos, com base no cadastramento de 128 poços, dos quais 84 pertencentes ao setor privado e 44 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
7 - GEOLOGIA DO MUNICÍPIO	13
8 - UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	15
8.1 - Aqüífero Cárstico	15
8.2 - Aqüífero Fissurado	15
8.3 - Aqüíferos Granulares	16
8.3.1 - Aqüíferos Aluviais	16
8.3.2 - Aqüíferos de Depósitos Terciário-Quaternários	16
8.3.3 - Aqüíferos de Depósitos Cretácicos	16
9 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	19
10 - CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	23
11 - O USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	27
11.1 - CONSUMO HUMANO	27
11.2 - USO AGRÍCOLA E NA PECUÁRIA	28
11.3 - USO NA INDÚSTRIA	29
12 - DIAGNÓSTICO ATUAL DA EXPLOTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA	31
13 - PRINCIPAIS QUESTÕES RELACIONADAS À OUTORGA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE MINAS GERAIS	33
14 - CONCLUSÕES	35
15 - RECOMENDAÇÕES	37
16 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
ANEXOS	
1 - Características Locacionais, Construtivas, Hidráulicas e Físico-Químicas ' In Loco'	41
2 - Características Organolépticas, Físico-Químicas, Químicas e Bacteriológicas	61
3 - Relação e Características dos Principais Parâmetros Analisados em Amostras de Água	65
GLOSSÁRIO	83
DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA	85

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 o

gerenciamento 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 Arinos compreende uma área de 5338km² e localiza-se na Microrregião

Administrativa de Unaí, noroeste do Estado de Minas Gerais (Figura 1).



Figura 1 - Localização e vias de acesso.

O acesso é feito pela BR-040, partindo-se de Belo Horizonte até à cidade de Paracatu, com percurso de 500km. Em seguida, toma-se

a BR-251, percorrendo-se 100km até à cidade de Unaí, e a partir desta, 130km até a sede do município pela rodovia MG -202.

4 - MÉTODOS EMPREGADOS

Na fase inicial de escritório foi feito o levantamento de todas as informações disponíveis, as quais foram 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 e 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 coleta de dados, 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 do banco de dados 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 21 poços possuem perfil litológico, 53 apresentam dados de teste de bombeamento, 17 com intervalos de entrada d'água e 46 com dados construtivos (diâmetro, tipo e comprimento do revestimento).

Os fatores que contribuíram para esta situação de relativa escassez de dados são os seguintes:

- Não 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, impediram a determinação da vazão de exploração e do regime de bombeamento. Estimativas foram feitas com base no número de famílias atendidas, de animais ou da área irrigada.

5 - ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

Uma análise histórica indica que a região experimentou um expressivo crescimento demográfico no período 1950/1970, decorrente em grande parte, dos fatores indutores do desenvolvimento econômico. A partir de 1990, pode-se observar uma estagnação na dinâmica demográfica municipal. A população, em 1999 era de 17.284, de acordo com dados preliminares do Instituto de Desenvolvimento Industrial de Minas Gerais (INDI).

A principal atividade econômica reside na pecuária familiar, onde predomina, quase que exclusivamente, o gado leiteiro, distribuído em pequenas propriedades com capacidade de produção variando entre 100

e 1500L/dia. A infra-estrutura industrial é reduzida. Em 1998, a arrecadação municipal foi de R\$ 818.899 (INDI).

Quanto a estrutura básica de transportes cabe ressaltar que a região apresenta deficiências, contando com poucas rodovias asfaltadas, sendo grande parte delas apenas com revestimento primário ou encascalhadas.

A cidade conta com escolas de 1º e 2º graus, magistério de 1º grau, hospital, posto de assistência médica, hotéis, serviços de Comunicação (DDD e DDI, correios e telégrafos, caixa postal eletrônica-Embratel) e serviços de água e esgoto.

6 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

Três grandes unidades geomorfológicas podem ser observadas: o domínio das depressões pediplanadas, o domínio das planícies de inundações e dos planaltos residuais do São Francisco (Foto 1). O primeiro é caracterizado por extensos planos inclinados, com altitudes médias que variam entre 400 e 750m (Serra do Meio), correspondentes ao ciclo Velhas (áreas denominadas de Barreiro, Cabeceiras, Extrema e Piratinga). Ocupa a maior parte da área do município. O domínio das planícies de acumulações recentes (ou de inundações) engloba modelados de origem fluvial. Compreende sedimentos do Quaternário, representados pelas aluviões pouco consolidadas ou inconsolidadas de espessura variada. O vale do rio Urucuia é largo, possuindo planície fluvial coberta por material areno-argiloso. Apresenta terraços que tem desníveis variando entre 3 e 10m e extensões locais de cerca de 200m, atingidas durante as grandes cheias. O relevo do domínio dos planaltos residuais é marcado por extensas superfícies tabulares em cotas elevadas. Ocorrem na porção nordeste do município, e têm como substrato os arenitos da Formação Urucuia e Grupo Areado.

A maior parte das formações vegetais que ocorrem no município podem ser incluídas na categoria dos cerrados, distinguindo-se, eventualmente, graminóide e florestas-de-galeria. Ocorrem ainda, além dos campos antrópicos, a caatinga e os campos naturais. Diversas espécies de madeira de lei tais como Sucupira, Ipê roxo, Jatobá, Gameleira, Piqui e outras, podem ser observadas.

Os solos existentes no município são o latossolo vermelho-escuro; o latossolo vermelho-amarelo; o hidromórfico cinzento álico e os solos aluviais eutróficos.

A área possui uma dissecação incipiente onde as drenagens não chegaram a aprofundar os taludes dos rios. Arinos é um município rico em águas superficiais, tendo o rio Urucuia, São Miguel, rio Claro e Piratinga como os principais formadores da bacia hidrográfica do São Francisco.

O clima é tropical típico chuvoso, com temperatura média mínima anual de 16° e máxima de 30°, e umidade relativa média anual de 70%. A precipitação total anual varia entre 1100 e 1200mm.

7 - GEOLOGIA DO MUNICÍPIO

Na região do município de Arinos ocorrem rochas do Grupo Bambuí, representado pela Formação Três Marias e Subgrupo Paraopeba. Sotoposto ao Bambuí tem-se o Grupo Paranoá. Recobrimdo todas essas unidades, na porção nordeste do município, em direção à cidade de Chapada Gaúcha, encontram-se as rochas do Grupo Areado e da Formação Urucuia (Figura 2).

As rochas do Grupo Paranoá afloram na Serra do Meio, limite oeste do município, podem ser observadas na MG-202 - a 20km de Arinos, em direção a cidade de Unaí - onde se encontram expostas devido a uma falha de empurrão (Foto 2). São constituídas por camadas centimétricas de quartzito, alternadas com metassiltitos. Os primeiros, em geral finos e de cor branca, em fratura fresca. Os siltitos também apresentam cor branca, mas às vezes com traços avermelhados. Os grãos de quartzo são arredondados, as vezes ovoídes, milimétricos e bem selecionados. O cimento é feldspático. Toda seqüência se encontra dobrada. São dobras abertas com eixo com caimento de 20° para sul. O acamamento possui as seguintes atitudes: N60°W/20°SW e N5°E/30°SE, e as fraturas, N20°W com mergulhos subverticais.

O Subgrupo Paraopeba apresenta uma distribuição restrita, com rochas aflorando na Serra do Meio, em contato de falha com as rochas do Grupo Paranoá, e na região do distrito de Sagarana (Foto 3). A maioria dos poços perfurados nos últimos dois anos interceptaram rochas calcárias após

atravessarem uma seqüência pelítica. Os fragmentos, resultantes da perfuração, possuem cor cinza escura e grã fina.

Recobrimdo o Subgrupo Paraopeba tem-se a Formação Três Marias, que representa a sedimentação siliciclástica, composta por arcósios, arenitos arcósios, siltitos e intercalações conglomeráticas. Exposições desta unidade podem ser observadas na Serra da Raizama.

Sobrepondo as unidades acima descritas, na porção nordeste do município, assentadas sobre a Superfície velhas, de King 1956 (*in* Barbosa *et. al.*, 1974), ocorrem o Grupo Areado e a Formação Urucuia. Esta primeira unidade é composta por arenitos, conglomerados, pelitos e derrames e intrusões ultrabásico-alcálicas. A unidade denominada Urucuia por Costa *et. al.*, 1976, (*in* COMIG, 1994), é composta por arenitos e conglomerados fluviais, com espessura variável de muitas dezenas de metros a menos de 200m.

Finalizando, tem-se na região centro-sul do município (Figura 2), as coberturas detríticas Cenozóicas (eluvões e coluvões) e as unidades do Quaternário, depósitos sedimentares detríticos, inconsolidados, acumulados principalmente nos vales dos rios Urucuia e Piratinga.

Com relação aos aspectos estruturais, as rochas das unidades descritas acima apresentam-se, de um modo geral, sub-horizontais, com sistemas de fraturas N45°-60°W e N5°-30°E / subverticais (Foto 4).

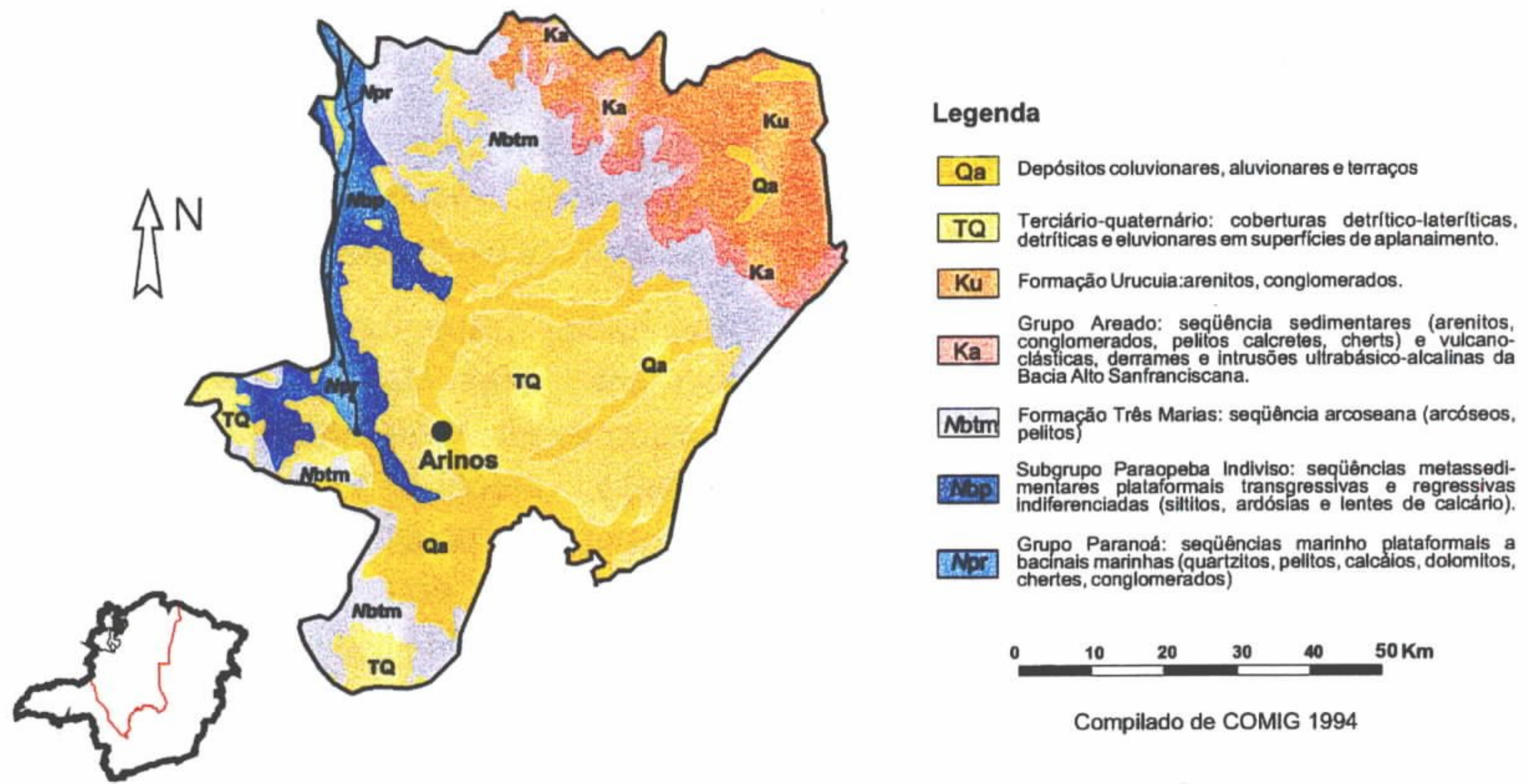


Figura 2 - Mapa Geológico do município de Arinos.

8 - UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

No município de Arinos, apesar da presença de todas as unidades, a grande maioria dos poços exploram água do sistema cárstico, tendo alguns, a contribuição do sistema granular ou fissurado. Raros são os poços pertencentes aos aquíferos granulares. Importante ressaltar que as propriedades hidrodinâmicas e físico-químicas estão intimamente relacionadas às características lito-estruturais das unidades geológicas.

As unidades hidrogeológicas são definidas em função da porosidade do meio. Portanto, de acordo com o que foi exposto no item anterior, os arenitos cretácicos (Grupo Areado e Formação Urucuia), as coberturas detríticas terciárias e as unidades do quaternário correspondem aos sistemas granulares que são aqueles em que a água preenche os poros ou interstícios da rocha. Já os calcários do Subgrupo Paraopeba representam o sistema cárstico, onde a ocorrência de água subterrânea está relacionada a fraturas e ao desenvolvimento de cavidades de dissolução (formas cársticas). Por fim, nos pelitos (Formação Três Marias e Subgrupo Paraopeba) e nos quartzitos (Grupo Paranoá) que são rochas maciças, que não possuem poros, sendo praticamente impermeáveis, a água acumula-se nas aberturas e cavidades provocadas por fraturas e diáclases.

Foram levantados 128 poços, dos quais 35 captam água do sistema cárstico, 15 do fissurado, 5 do granular e 2 do sistema misto (granular/cárstico). Os demais (71 poços) não puderam ser classificados, dada à falta de informações de natureza construtiva/litológica. Os aspectos locais, construtivos

e hidráulicos mais relevantes foram reunidos em planilha apresentada no Anexo 1.

8.1 - Aquífero Cárstico

Os aquíferos cársticos são formados pelas rochas carbonáticas do Grupo Bambuí. A porosidade e permeabilidade dependem do grau de fraturamento da rocha e do desenvolvimento das cavidades e aberturas provocadas por dissolução do bicarbonato de cálcio. Dos 56 poços passíveis de serem classificados, 35 são cársticos. A maioria localiza-se na porção central do município (regiões conhecidas como Piratinga e Extrema). Todos os poços foram concluídos no calcário após atravessarem a seqüência metapelítica. Possuem teores significativos de Ca^{+2} , Mg^{+2} e HCO^{-3} provenientes da dissolução dos bicarbonatos de cálcio e magnésio. A vazão média é de $10,66\text{m}^3/\text{h}$.

Se considerarmos apenas a distribuição superficial das unidades e suas possanças, o sistema cárstico é o que apresenta as maiores possibilidades de reservação, possuindo nas regiões baixas, um capeamento da ordem de 40m. Em segundo lugar estariam as unidades cretácicas, nos Planaltos Residuais do São Francisco.

8.2 - Aquífero Fissurado

Os aquíferos fissurados são formados pelas seqüências metapelíticas, ou seja, metassiltitos e ardósias (Grupo Bambuí). Nestes, a porosidade e a permeabilidade primárias das rochas são praticamente nulas. As possibilidades destas rochas como aquífero se restringem às zonas fraturadas e à capacidade de armazenar água que depende da

extensão, continuidade e interligação dos fraturamentos, bem como da abertura ou volume de vazios provocados por estas estruturas. Os sistemas de fraturas mais proeminentes possuem direções N45°-60°W e N5°-30°E, verticalizados. A alimentação desses depósitos a partir das precipitações é reduzida, pois as fraturas são feições que ocorrem em zonas localizadas. A recarga vai depender da interseção destas estruturas com a rede de drenagem ou por filtrações verticais através do manto de alteração. A vazão média de teste dos poços cadastrados é de 12,45m³/h e o nível estático 9,31m para um dinâmico de 46,67m.

8.3 - Aqüíferos Granulares

São aqüíferos onde a água subterrânea preenche os poros ou interstícios da rocha, sendo representados pelos depósitos aluviais recentes do Quaternário e por coluviões e coberturas detríticas do Terciário-Quaternário. Ocorrem nos Planaltos Residuais do São Francisco, ao longo dos extensos pediplanos e dos principais rios, especialmente o Arucuaia, São Miguel, Piratinga e o rio Claro. São classificados em depósitos não-consolidados, os quais envolvem os aqüíferos aluviais em depósitos de pedimentos terciário-quaternários e em depósitos clásticos consolidados.

De um modo geral as águas do aqüífero granular possuem pH ácido (5,5-6,5); baixa condutividade (<60µS/cm); concentração de HCO₃⁻ < 50mg/L; Ca⁺² < 5 mg/L e baixo sódio. A vazão média de teste, dos poços cadastrados, corresponde a 13,55m³/h, superior aos aqüíferos fissurado e cárstico. O nível estático de teste é superficial (10m) e dinâmico, 24,5m.

8.3.1 - Aqüíferos Aluviais

São constituídos por cascalhos, areias e argilas, predominando as areias muito finas. Sua espessura é variável. A porosidade

eficaz e a permeabilidade podem variar muito, devido às mudanças faciológicas, freqüentes nesses depósitos. A primeira pode oscilar desde quase zero, em determinadas argilas, até 0,50 em depósitos de cascalho. Os valores típicos dos siltes e das argilas são inferiores a 0,10, enquanto os cascalhos e areias grossas têm valores superiores a 0,20 (CETEC, 1981). A alimentação das aluviões se faz diretamente pela infiltração das águas meteóricas, ou por infiltrações laterais provenientes dos cursos d'água, nos períodos de enchente. Como são depósitos inconsolidados, os intervalos perfurados nessas unidades necessitam de revestimento, filtros, pré-filtros e desenvolvimento.

8.3.2 - Aqüíferos de Depósitos Terciário-Quaternários

Os depósitos areno-argilosos terciário-quaternários são formados por materiais resultantes dos processos de pedimentação. Correspondem aos depósitos detríticos de cobertura - areias, areias argilosas - fazendo parte da unidade geomorfológica denominada depressão Sanfranciscana (região de Barreira, Extrema e Pesqueiro, conforme divisão municipal). O contato inferior desta unidade se dá com as rochas do Grupo Bambuí, possuindo uma espessura média da ordem de 40m. Do mesmo modo que nas aluviões, a permeabilidade e a porosidade são variáveis, espelhando a grande variação granulométrica desses depósitos. Necessitam também de revestimento, filtros, pré-filtros e desenvolvimento. A produção de água é limitada devido à pequena espessura dos mesmos e à presença de níveis argilosos.

8.3.3 - Aqüíferos de Depósitos Cretácicos

Os aqüíferos de arenitos cretácicos ocorrem nos planaltos, na porção nordeste do município, em direção à cidade de Chapada Gaúcha. A recarga se dá a partir das infiltrações de águas de chuva por toda a superfície da chapada, enquanto as áreas de descargas situam-se no sopé das elevações,

no contato com as unidades pelíticas impermeáveis, ao longo de todo o rebordo das chapadas. Nas imagens de satélite observa-se um padrão muito uniforme e com total ausência de drenagem, indicadora de uma elevada capacidade de infiltração. Este caráter monótono só é modificado naqueles locais onde uma depressão do relevo funciona como um coletor de fluxos locais, dando origem a pequenas nascentes, denominadas de "veredas". Sua presença

é facilmente identificada pela palmeira denominada buriti (Foto 5).

Vale ressaltar a importância desse aquífero como reserva reguladora do regime dos principais rios da região. Por outro lado, convém chamar a atenção para o fato de que, como os níveis de descarga situam-se próximo à base do aquífero - no contato com seqüência pelítica -, não há boas condições de armazenamento.

9 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A qualidade da água é tão importante quanto o aspecto quantitativo. A disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos para um determinado uso depende fundamentalmente de suas características físico-químicas e biológicas.

As características físico-químicas da água subterrânea, por sua vez, dependem não somente de fatores relativos ao próprio aquífero, tais como a composição mineralógica da rocha e as 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 identificar e quantificar as principais propriedades e constituintes químicos das águas subterrâneas e estabelecer suas relações com o meio físico, foram realizadas dez análises, em amostras selecionadas de acordo com os seguintes critérios: avaliação da existência de risco potencial de contaminação, representatividade quanto aos aquíferos e localização das mesmas no município, de modo a permitir uma distribuição homogênea. Os poços públicos foram priorizados.

As amostras selecionadas foram analisadas pelo laboratório da SANEAR - Engenharia Sanitária, em termos de seus constituintes iônicos, bacteriológicos e de suas características físicas. As 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 é apresentada no Anexo 3.

Determinou-se as concentrações dos íons maiores: sódio (Na^+), potássio (K^+), cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}), bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}), sulfato (SO_4^{2-}), cloreto (Cl^-), ferro total (Fe^{+2} e Fe^{+3}), nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), nitrogênio albuminoíde e amoniacal; dos elementos secundários: fosfato (PO_4^{-3}), manganês (Mn) e sílica; e as características físicas tais como: pH *in loco*, condutividade, totais de sólidos dissolvidos (STD), cor, turbidez, alcalinidade e dureza. Durante o cadastramento de campo, foram feitas medidas *in loco* de condutividade elétrica, pH e temperatura nos 76 poços ativos que se encontravam em condições de amostragem.

Análises bacteriológicas para avaliar a contaminação por dejetos humanos e de animais também foram realizadas e utilizadas como indicadores das condições de higiene.

Com base no diagrama de Piper (Figura 3), observa-se que as águas do sistema cárstico são predominantemente bicarbonatadas cálcicas e/ou magnesianas. Apresentam elevadas concentrações de cálcio, bicarbonato e magnésio, resultantes da dissolução dos bicarbonatos de cálcio e magnésio. Os poços pertencentes a esse sistema situam-se, em sua maioria, na porção norte do município e na localidade de Sagarana.

Em contraste com o aquífero acima citado, o sistema fissurado apresenta águas bicarbonatadas sódicas com altos teores de sódio e cloro (Figura 3). O teor de sódio no sistema fissurado pode estar associado à dissolução de feldspatos sódicos presentes nos arcóseos e/ou à assimilação pela água, através de

trocas catiônicas, do íon adsorvido em argilominerais presentes em metassiltitos e ardósias. Esse íon pode ocorrer, também, dissolvido na água da chuva se concentrar no solo ou na rocha, em regimes climáticos onde o déficit hídrico (evapotranspiração superior à precipitação) seja elevado.

Poços tubulares profundos pertencentes a este aquífero, ocorrem nos arredores da localidade denominada Igrejinha e no assentamento de Mimoso. São freqüentes águas com forte odor de gás sulfídrico, as quais apresentam teores de sódio e cloro superiores a 100mg/L e 20mg/L, respectivamente.

Quanto aos poços que captam água do sistema granular, embora não tenha sido realizada nenhuma amostragem, é de se esperar que estes apresentem baixas concentrações de sódio, cloro, bicarbonatos, cálcio e magnésio, pois estão relacionados às frações detríticas dos depósitos inconsolidados - areias e cascalhos -, situados ao longo das drenagens e aos arenitos do Grupo Areado e da Formação Urucuia na porção nordeste do município.

A condutividade, - medida da facilidade de uma água conduzir corrente elétrica -, estando diretamente relacionada com o teor de sais dissolvidos sob a forma de íons, apresenta valor médio da ordem de 377 μ S/cm para os aquíferos cársticos. No sistema fissurado, excluindo-se os poços que apresentaram odor de gás sulfídrico, o valor médio é de 236 μ S/cm. Para o sistema granular, o valor encontrado é de 68 μ S/cm.

O valor do pH de uma água, também varia conforme a litologia. O valor médio para o sistema cárstico é de 7,66, enquanto para o granular, ele é de 6,64; ao fissurado corresponde o valor mais alto, ou seja, 8,20. Para o sistema granular, é de se esperar um pH de águas ácidas uma vez que este aquífero, no município de Arinos, se faz representar por sedimentos compostos por areias e cascalhos, e portanto pouco reativos. Para o aquífero fissurado vale ressaltar a estreita relação entre os teores de sódio e os

altos valores do pH, principalmente nas águas com presença de gás sulfídrico, onde o pH atingiu o valor nove. Entretanto, esta relação $Na \times H_2S \times pH$, necessita ser investigada.

Sólidos totais dissolvidos (STD) equivalem ao peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. Representa a concentração de todo o material dissolvido na água, sejam eles voláteis ou não. Nos aquíferos cársticos há de se esperar valores altos para o STD devido às elevadas concentrações de bicarbonato. Para os sistemas fissurados, os valores do STD vão depender dos tipos litológicos que as estruturas atravessam, enquanto que, para os aquíferos granulares, os valores tendem a ser baixos, dependendo da natureza das partículas do sedimento. Valores de referência médios para as águas subterrâneas do município são: para o cárstico, 263mg/L; para o fissurado, 165mg/L; e para o granular, 48mg/L.

A dureza é definida como o poder de consumo de sabão por determinada área ou a capacidade da água neutralizar o sabão pelo efeito do cálcio, magnésio ou outros elementos como Fe, Mn, Cu, Ba, etc... A dureza é expressa em teores de carbonato de cálcio. À semelhança do STD, os valores de dureza dependem do grau de dissolução da rocha na qual a água esteja em contato. Assim, enquanto o sistema cárstico mostra valores da ordem de 140mg/L, o fissurado apresenta média de 34,38 mg/L.

A capacidade de uma água neutralizar ácidos é medida em termos de alcalinidade, uma propriedade iônica dependente da presença e/ou ausência de carbonatos e bicarbonatos. Desse modo, é de se esperar que o aquífero cárstico, representado por rochas carbonáticas, apresente valor superior (143,67mg/L) ao do sistema fissurado (132,15mg/L), individualizado por rochas metapelíticas e ardósias. Nesse contexto, o granular deve apresentar valores ainda mais baixos. Este sistema, no entanto, não foi amostrado.

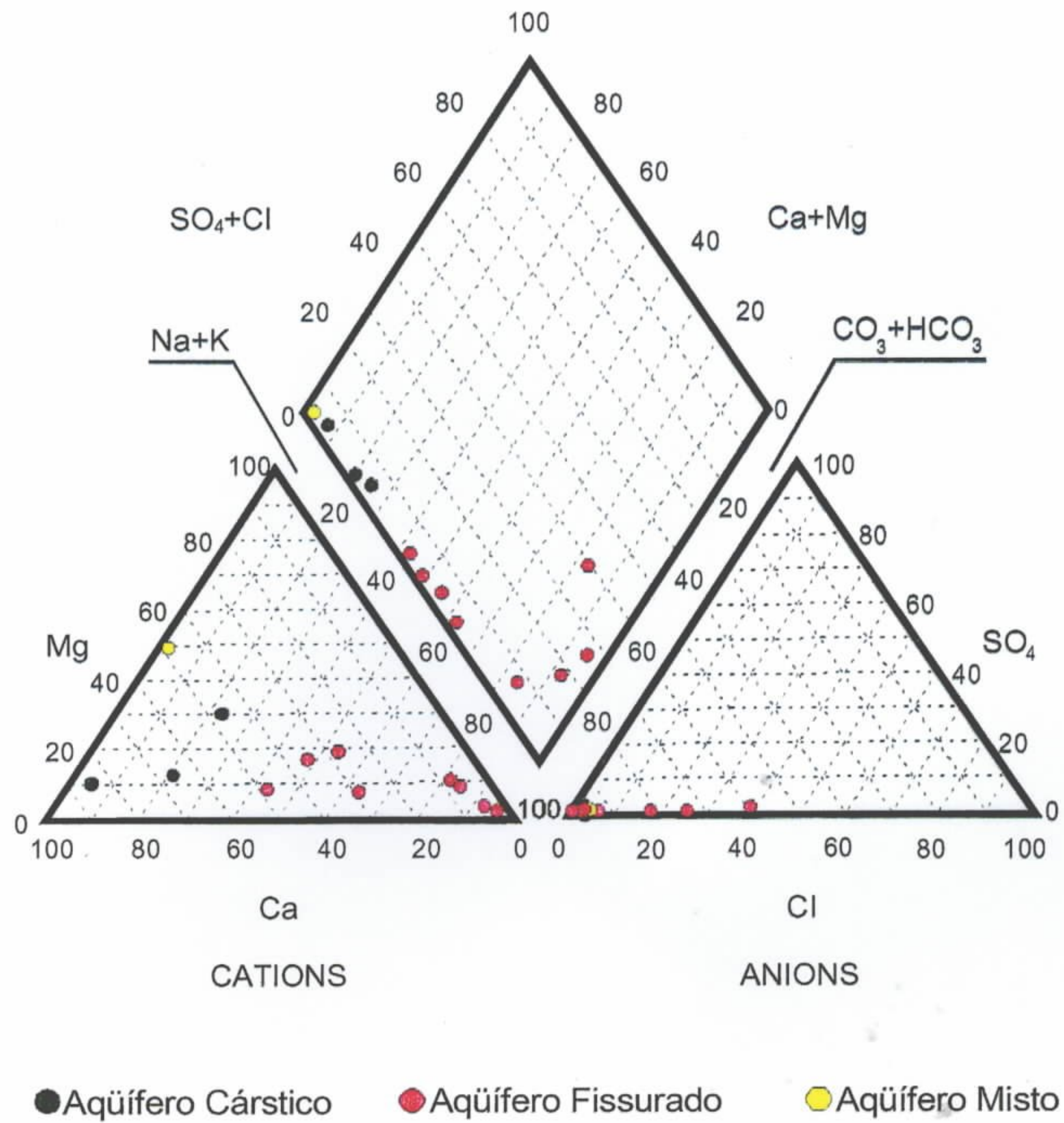


Figura 3 - Diagrama de Piper para os tipos aquíferos.

10 - CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

Por contaminação entende-se a introdução na água de elementos, compostos ou microorganismos, que possam prejudicar a saúde do homem ou dos animais. Nesse caso, os teores das substâncias introduzidas ficam acima dos valores máximos permitidos pelos padrões de qualidade para consumo humano, industrial ou agrícola.

Os aquíferos mais propensos à contaminação correspondem aos sistemas granulares. Os fissurados são menos vulneráveis por se restringirem à interceção das estruturas com a superfície do terreno. Os aquíferos cársticos exibem grande vulnerabilidade nas regiões de afloramento, mas estas, por se tratarem de áreas serranas, não exibem atividade antrópica. Quando sotopostos a uma seqüência metapelítica ou a uma espessa camada de depósitos de cobertura, mostram-se mais protegidos em virtude da possibilidade de atenuação e mesmo remoção dos contaminantes durante a infiltração. A situação de vulnerabilidade restringe-se a locais em que existem depósitos de cobertura pouco espessos recobrendo o sistema cárstico.

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 ou com problemas tais como ausência de tampa ou presença de orifício na mesma, e espaço anelar entre o tubo de revestimento e a parede de perfuração não preenchido (Fotos 6, 7 e 8). 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. Foram ainda identificados poços com risco potencial baixo sendo os que, além de não apresentarem imperfeições de natureza construtiva ou manutenção inadequada, estavam protegidos com cerca e laje de concreto.

Assim sendo, dos poços públicos, dois oferecem risco muito alto ao aquífero, sete foram classificados como alto, dezenove como médio e quatorze como risco baixo. Quanto aos particulares, três correspondem a risco muito alto, dois a alto risco, sessenta e dois a médio, e doze a risco baixo. Em risco muito alto estão enquadrados os poços situados na sede do município e no distrito de Sagarana, que foram abandonados não lacrados e entulhados com lixo, representando condutos importantes para o fluxo vertical, direto e sem diluição, de poluentes que podem atingir zonas aquíferas relativamente protegidas da contaminação. Outra fonte pontual de contaminação, não menos importante, são os poços mal construídos, cuja saliência encontra-se sem tampa ou com orifício susceptíveis à entrada de carga contaminante, reduzindo a capacidade de atenuação do meio. Da mesma forma, a ausência da laje de proteção sanitária, característica comum entre os poços cadastrados, propicia a entrada do escoamento superficial junto ao revestimento. A Figura 4 ilustra a proporção das situações potenciais de risco apresentadas.

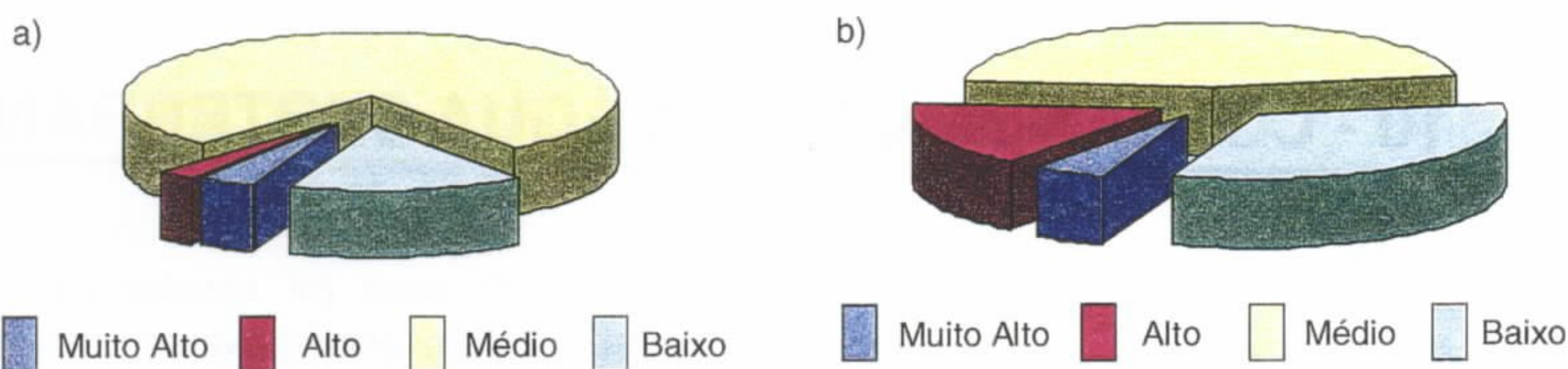


Figura 4 - Diagrama da situação dos poços quanto ao risco de poluição: a) Setor Privado e b) Setor Público.

A contaminação por atividades domésticas compreende toda sorte de introdução no aquífero, de compostos de natureza orgânica e biológica, originados de fossas sépticas, fossas negras, vazamentos de redes de esgoto e chorumes de aterros sanitários. Na zona rural, vários poços foram encontrados localizados à pequena distância de fossas. A existência de contaminação por rompimentos da rede de esgoto e por fossas na sede municipal, apesar de não constatada, é de ocorrência possível.

As atividades de pecuária constituem, na região, a principal fonte potencial para contaminação das águas subterrâneas. Grande número de poços foi encontrado nas proximidades de currais, pocilgas ou em áreas de pastagens. Das dez amostras de água coletadas, duas apresentaram contaminação por coliformes fecais e estreptococos, indicando ser de origem animal.

A agricultura contribui potencialmente para a introdução de diversos tipos de contaminantes no sistema aquífero. As principais formas de contaminação são decorrentes de: 1) irrigação contínua, provocando a salinização do solo; 2) utilização de fertilizantes orgânicos (dejetos humanos e de animais) e inorgânicos (à base de nitratos, fosfatos, sulfatos e potássio); 3) emprego de agrotóxico (inseticidas, herbicidas, praguicidas, etc.); 4) aplicação de corretivo do solo. Entretanto, a susceptibili-

dade à ação de uma carga contaminante devido às atividades agrícolas é remota, uma vez que predomina no município a pecuária, excluindo-se, então, o uso de fertilizantes e pesticidas. O risco de salinização é extremamente baixo, pois a água dos poços com altas concentrações de sódio e elevada condutividade não é utilizada para irrigação (ARI-05, ARI-48, ARI-49, ARI-56).

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 gravidade e extensão do problema construtivo (Figura 5). Os parâmetros que ocorrem com maior frequência, acima dos limites de potabilidade são: turbidez, ferro, manganês 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, o qual 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); 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.

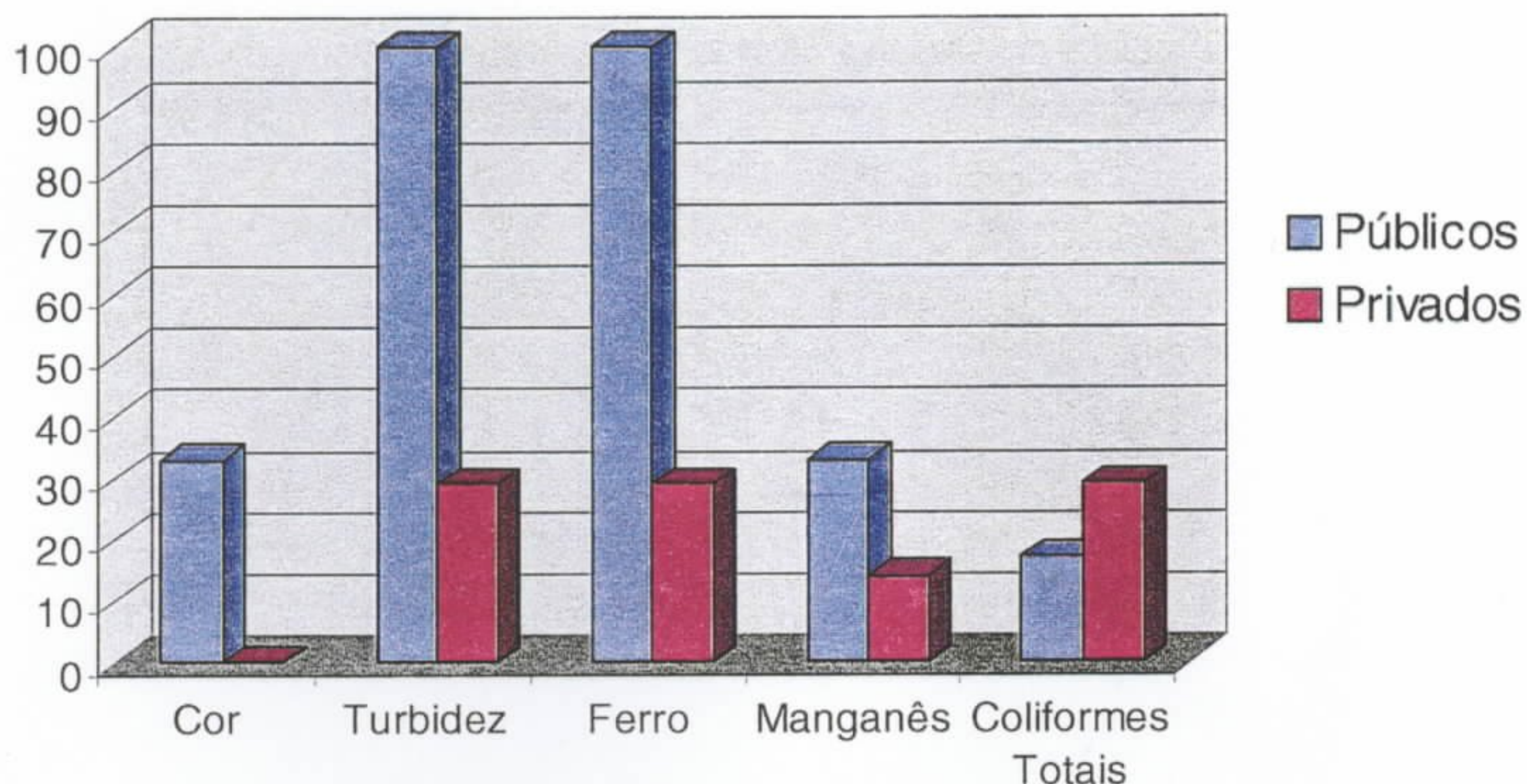


Figura 5 - Proporção dos parâmetros acima dos níveis de potabilidade para 13 amostras analisadas.

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, a ampliação das áreas irrigadas com o uso de pivôs, juntamente com o barramento de nascentes que alimentam os cursos d'água, têm provocado redução nas vazões das drenagens, em especial naquelas de menor porte. Esse fato reflete-se na intensificação das perfurações, de tal forma que, 75% (62) 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. No entanto, poços tubulares são também encontrados nas chapadas onde as espessuras das coberturas sedimentares são mais expressivas. 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.

No município, apenas 11% da população é servida por água subterrânea, sendo que 5% desta reside no distrito de Igrejinha, enquanto o restante encontra-se a zona rural. Quanto ao uso para a dessedentação animal, de acordo com informações obtidas junto aos proprietários rurais, 15% do rebanho bovino utiliza água de poço, principalmente durante a época de estiagem. Essa porcentagem tende a crescer rapidamente, tendo em vista o crescimento da intensidade e das causas básicas relacionadas aos períodos de estiagem. Dos poços cadastrados, 44 são públicos e 84 particulares. Entretanto, no Brasil, a utilização das águas subterrâneas ainda é muito modesta, haja vista que se perfura em todo o país, cerca de 8000 poços por ano (apenas 1% do número de poços perfurados nos Estados Unidos).

Os padrões de qualidade da água variam de acordo com a finalidade. As quantidades limites fixadas para as características físicas, químicas e organolépticas, componentes orgânicos e inorgânicos, que podem ser tolerados nas águas de abastecimento, são determinadas pelo Ministério da Saúde, tomando por base os critérios adotados em nível nacional e internacional.

11.1 - Consumo Humano

A qualidade da água para o consumo humano é baseada na portaria número 36/1990 do Ministério da Saúde, que estabelece limites de potabilidade em relação a diversos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos. Conforme demonstrado no item de contaminação, as águas subterrâneas do município

apresentam, em proporção elevada, restrições de consumo vinculadas a alguns aspectos físicos, organolépticos, químicos e bacteriológicos. Grande parte dos problemas de qualidade da água está relacionada a fatores construtivos, operacionais ou de localização da obra de captação, com referência a focos contaminantes.

Concentrações médias de NO_3^- , NO_2^- , CO_3^- , K^+ , PO_4^{3-} , SO_4^- , Al e F^- são relativamente baixas em todas as amostras, considerando-se os limites para o consumo humano. Entretanto, dentre as 13 análises consideradas neste trabalho (três realizadas em anos anteriores), 8 apresentaram concentração de ferro total acima do limite de potabilidade, com valor médio igual a 8,08mg/L (limite = 0,30mg/L). O alto teor de ferro em água subterrânea pode ser decorrente da presença de minerais ferromagnesianos, ocorrência de ferrobactérias ou à corrosão do revestimento e/ou do filtro.

Com referência à concentração de manganês, 3 amostras apresentaram teor acima do limite de potabilidade, com uma média de 0,40mg/L (limite máximo permissível = 0,10mg/L). O manganês é menos abundante que o ferro nas rochas e em decorrência disto, também nas águas naturais.

A cor da água pode evidenciar algum tipo de contaminação, estando associada, principalmente, às substâncias orgânicas dissolvidas na mesma. Duas amostras apresentaram valores acima do limite de potabilidade (5,0Pt/L), com média de 9,75Pt/L.

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 (61,5%) apresentou problemas quanto à turbidez. A média encontrada para essas amostras é de 58,44UNT (limite de potabilidade igual a 1UNT).

Exames bacteriológicos foram realizados em 10 amostras para verificar uma possível contaminação da água. Constatou-se com o resultado das análises que, em 30% dos poços, havia a presença de coliformes totais, e em 20% a presença de coliformes fecais e estreptococos fecais. É importante ressaltar que a presença de coliformes em número inferior a 10 NPM/100mL deve ser confirmada através de análises sucessivas. A portaria número 36/1990 fixa, que em análises periódicas, 95% das amostras devem apresentar ausência de coliformes totais em 100mL, e nas 5% restantes, serão tolerados até 10 coliformes totais em 100mL, desde que não ocorram em duas análises consecutivas.

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 de Wilcox elaborado para os aquíferos, permite prever as suas aptidões para o cultivo.

Todas as amostras caem no campo de águas de salinidade média e condutividade compreendida entre 250 e 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C. Quanto a concentração de sódio, uma amostra situa-se no campo das águas altamente sódicas e outra, no campo das águas medianamente sódicas. As demais correspondem a águas fracamente sódicas. No que se refere às águas altamente sódicas, há perigo de formação de teores nocivos de sódio na maioria dos solos, salvo nos solos gipsíferos. Exigem tratamento especial do solo (boa drenagem, lixiviação e presença de matéria orgânica) e podem ser utilizadas em vegetais com alta tolerância ao sódio. Poços perfurados a norte e nordeste da sede são os mais factíveis de conterem alto teor de sódio.

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 203,44mg/L. Portanto, todas as águas analisadas são apropriadas para o uso animal.

A classificação da água para o consumo animal levando em consideração o resíduo seco determina que, se a concentração estiver entre 7.800 a 9.375mg/L, a água é suportável pelo gado (Feitosa & Filho, 1997). O valor máximo de resíduo seco encontrado nas águas analisadas é igual a 152,29,16mg/L, teor bem inferior aos limites acima sugeridos, tornando seu uso apropriado para a dessedentação animal.

11.3 - Uso 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 instalações. Assim sendo, procurou-se determinar a agressividade, a neutralidade ou a incrustabilidade da água, a partir do cálculo do índice de estabilidade de carbonato de cálcio que se utiliza dos valores de pH *in loco*, da temperatura e da alcalinidade total.

Dessa forma, verificou-se que, segundo a classificação de Custódio & Llamas (1976) - que se baseia nos valores do índice de estabilidade do carbonato de cálcio (índice de Ryznar) - dentre as 10 amostras analisadas, 2 apresentaram águas muito agressivas, 4 indicaram águas agressivas e 4 águas francamente agressivas. Há restrições quanto ao uso dessas águas na maioria das indústrias. Entretanto, a qualidade natural da água poderá ser modificada por meio 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 e fissurado se adequam aos requisitos exigidos para diversos tipos de indústrias. O emprego extensivo das águas destes dois tipos aquíferos não requer a adoção de técnicas de abrandamento. No caso dos aquíferos granulares estes exibem características hidroquímicas que permitem seu uso generalizado em praticamente todas as atividades industriais.

Vale destacar que os valores de ferro, para todos os tipos de aquíferos, apresenta-se acima dos limites industriais aceitáveis. Conforme já foi salientado, 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 128 poços, sendo 84 pertencentes ao setor privado e 44 ao setor público. Atualmente, 95 poços estão ativos, 16 tamponados, 03 desativados, 04

são considerados improdutivos, e 10 foram abandonados. A Figura 6 apresenta as proporções da situação atual dos poços para os setores público e privado.



Figura 6 - Diagrama da situação atual dos poços: a) Setor Público e b) Setor Privado.

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 àqueles 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 forneceram qualquer volume de água ou então um volume extremamente

reduzido, cuja instalação é desaconselhável em vista da demanda.

Atualmente, um mínimo de 1924 pessoas fazem uso da água de poços tubulares profundos, sendo 1498 abastecidas pelo setor público (distrito de Igrejinha e assentamentos) e 426 por sistemas particulares. O uso para a dessedentação animal é mais intenso no período de estiagem e abrange um número mínimo de 14.972 cabeças de gado. É importante ressaltar a imprecisão desses dados de utilização da água subterrânea, uma vez que a informação do número de cabeças de gado é, em muitas ocasiões, fornecida por proprietários e empregados com bastante desconfiança e cautela.

Uma 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, é apresentada no Quadro 1. Os setores público e privado, em conjunto,

poderão aumentar a disponibilidade de água em até 20%, caso os poços desativados e tamponados sejam colocados em produção.

Poços Tubulares	Estimativa da Disponibilidade Atual			Estimativa da Expansão			
	Poços Ativos	Qm (m ³ /h)	Qm total (m ³ /h)	Poços Desativados e Tamponados	Qm (m ³ /h)	Qm total (m ³ /h)	Porcentagem de Aumento da Disponibilidade
Setor Público	25	13,13	328,25	7	13,13	91,91	28,00%
Setor Privado	70	13,13	919,10	12	13,13	157,56	17,14%
Total	95	-	1247,35	19	-	249,47	20,00%

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

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

Levando-se em consideração o abastecimento doméstico, urbano e dessedentação animal, temos que a demanda diária mínima de água captada por poços tubulares é de 158,79m³/h, para 16 horas de bombeamento/dia, enquanto que a produção potencial dos 95 poços ativos, considerando uma

vazão média de 13,13m³/h, é equivalente a 1247,35m³/h (Quadro 1). Somando-se este valor aos 249,47m³/h relativos à disponibilidade potencial de produção de poços desativados e tamponados, verifica-se que o volume atualmente captado poderá ser ampliado em, aproximadamente, nove vezes.

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 Instituto Mineiro de Gestão das Águas - 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

- A intensificação das perfurações, a partir de 1995 deve-se, em parte, ao aumento das áreas irrigadas, com o uso de pivôs-centrais. Muitas vezes, a reservação necessária foi obtida através do barramento de veredas, solução condenável pelos impactos negativos que promove.
- O aquífero cárstico, com 35 poços em produção, é o mais explorado porque atende à maior concentração populacional. Esse fato deve-se à sua capacidade de fornecimento de maiores volumes de água, à facilidade de captação a menores profundidades, e à maior densidade de propriedades rurais situadas nas seqüências carbonatadas do Subgrupo Paraopeba.
- As águas são classificadas, em conjunto, como bicarbonatadas cálcicas e/ou magnesianas, havendo predomínio dos tipos cálcicos no sistema cárstico. As águas do sistema fissurado apresentam teores de Na^+ mais elevados quando comparados ao cárstico.
- Com base nas características construtivas e de manutenção verificou-se que: 5% dos poços públicos encontravam-se sob risco potencial muito alto de contaminação e 43% sob risco médio. Quanto ao setor privado, 4% dos poços mostravam-se sob risco muito alto de contaminação e 78% sob risco médio. O risco elevado de contaminação é devido principalmente às deficiências construtivas dos poços (ausência de laje de proteção sanitária, cimentação, cercado e tampa apropriada), bem como à desativação e abandono irregulares.
- As principais fontes potenciais de contaminação dos poços tubulares na zona rural correspondem aos currais, granjas, pocilgas e fossas negras. Na área urbana, as fontes potenciais de contaminação são os lixões (doméstico e industrial) e possíveis vazamentos na rede de esgoto e de tanques de combustível.
- A qualidade da água subterrânea, determinada com base na análise físico-química de 13 poços, não indica, de modo geral, restrição para o uso agrícola ou da pecuária. No entanto, para uso industrial, recomenda-se uma avaliação técnica para averiguação da viabilidade econômica de adoção de técnicas de tratamento, já que essas águas exibiram caráter natural agressivo e em alguns casos, dureza elevada.
- Em relação ao consumo humano, para alguns poços as concentrações de ferro e de manganês, bem como valores de cor e turbidez da água, superaram os limites estabelecidos pela portaria 36/1990 do Ministério da Saúde. Os exames bacteriológicos indicaram a presença de coliformes totais em 33% dos poços analisados e de coliformes fecais e estreptococos fecais em cerca de 20% das amostras.
- O volume de água subterrânea atualmente explorado ($158,79\text{m}^3/\text{h}$), correspondente a uma estimativa mínima para abastecimento doméstico, urbano e pecuária, poderá ser expandido em 1,5 vezes a partir da reativação de poços tamponados e desativados.
- Interessante registrar que a presença de gás sulfídrico em águas subterrânea pode estar relacionada à presença de hidrocarbonetos, já tendo sido motivo de prospecção em vários municípios pela Petrobrás.
- É possível aumentar a disponibilidade de água no município em até 20%, caso os poços desativados e tamponados sejam ativados.

15 - RECOMENDAÇÕES

- Para se evitar que os mananciais de água subterrânea sejam contaminados deve-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 diversoras 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 (por exemplo, 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 1m²;
 - 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: concreto, cimento, argila e areia.

- 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 uma parcela da água de alimentação dos aquíferos do município estão situadas nas chapadas, sugere-se que sejam realizados estudos com o intuito de verificar possíveis contaminações com agrotóxicos e qual a sua extensão.

16 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APPELO, C.J.A. POSTMA D. *Geochemistry, groundwater and pollution*. Netherlands, A.A. Balkema Publishers. 1994. 250p.
- BARBOSA, O. *Projeto Goiânia*. Goiânia. DNPM, PROSPEC, 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, CETESB 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,: COMIG 1994. 97p.
- CUSTÓDIO, E., LLAMAS, M., R., *Hidrologia Subterrânea* Barcelona: 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.
- FEITOSA, F.A. *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. Fortaleza: CPRM / UFPE - Laboratório de Hidrogeologia, 1997.412p.
- JULIÃO, J. Apostila da disciplina química sanitária e ambiental. Belo Horizonte. 1995. 124p. (Material exclusivo para treinamento não comercializado).
- LEVES, W.J., FOSTER, S., DRASAR, B.S. *Analisis de Contaminacion de las águas subterrâneas por sistemas de saneamento básico*. Lima, Peru. Centro Panamericano de Ingenieria Sanitária - Programa Regional de Prevencion e Control de la Contaminacion de Águas Subterrâneas, 1988. 102p.
- MESTRINHO, S.S.P. Apostila de curso de contaminação de aquíferos. Belo Horizonte.1996. 99p.(Material exclusivo para treinamento não comercializado).
- 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. Parâmetros de qualidade de água. Belo Horizonte. CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2000. 9p. (Relatório Interno).

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*. São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Editora da Universidade de São Paulo. 1991.v.3. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos).

SPERLING, M. von S. Apostila de ensino sobre qualidade de água. Belo Horizonte. 35p. (Material exclusivo para treinamento não comercializado).

VIANNA, M. R.. *Hidráulica aplicada às estações de tratamento da água*. Belo Horizonte. Instituto de Engenharia Aplicada. 1992.

ANEXO 1

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

Nº Ponto	Município	Localidade	Proprietário	Setor	Coordenadas		Data da Perfuração	Profundidade (m)	Nível Estático Teste (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m3/h) de teste	Vazão de Visita (m3 /h)	Vazão Espec. (m3/h.m)	Situação do poço	Tipo de Aquífero	Parâmetros "in loco"			
					Longitude	Latitude										pH "in loco"	CE (µs/cm)	STD (mg/L)	Temp (°C)
ARI-01	Arinos	Faz. Ipoeira	Edson Cezar Valadares	Privado	381306	8241673	05/09/98	84,00	7,60	28,50	13,66		0,65	Ativo	Cárstico	7,49	96,30	67,00	26,10
ARI-02	Arinos	Faz. Ipoeira	Ayrton Valadares Santana	Privado	384738	8243185	Ago/99	66,00	8,00	42,00	6,50		0,19	Ativo	Fissurado	7,77	232,00	162,00	25,70
ARI-03	Arinos	Faz. Ipoeira	Ronan Aparecido Valadares Santana	Privado	382026	8238655	17/10/98	102,00	13,00	58,00	6,00		0,13	Ativo	Indefinido	7,77	224,00	157,00	25,30
ARI-04	Arinos	Ass. P.A Riacho Claro	IN CRA	Público	387457	8253824	1999	80,00						Ativo	Indefinido	8,17	191,40	134,00	27,30
ARI-05	Arinos	Faz. Santa Paula	Nenen's Chopp Com. Ind. E Agrope-cuária Ltda	Privado	383706	8266530	20/10/98		12,00	110,00	3,50		0,04	Ativo	Fissurado	8,94	562,00	393,00	27,70
ARI-06	Arinos	Faz. Santa Paula	Nenen's Chopp Com. Ind. E Agrope-cuária Ltda	Privado	383395	8271390	11/05/98 a 05/06/98	80,00	25,00	40,00	6,30		0,42	Tampo-nado	Indefinido				
ARI-07	Arinos	Faz. Cambaúba	Almir Rodrigues Neves	Privado	382404	8272621	31/10/98	90,00	20,00	54,00	25,00		0,74	Tampo-nado	Fissurado				
ARI-08	Arinos	Faz. Harmonia	Ricardo Pires	Privado	378267	8271264	Out/98	108,00						Ativo	Indefinido				
ARI-09	Arinos	Sítio Coqueiro	Antônio Olivas Durans	Privado	390394	8263250	16/06 a 30/06/1997	80,00	19,00	23,00	12,50		3,13	Ativo	Indefinido				
ARI-10	Arinos	Faz. Santa Rita	Duilio Cesar Braga	Privado	373562	8239524								Ativo	Indefinido	7,86	212,00	148,00	24,50
ARI-11	Arinos	Faz. Mangues	Walter Carneiro Valadares	Privado	373305	8241126	Fev/98	80,00				15,60		Ativo	Indefinido	7,64	293,00	270,00	24,40
ARI-12	Arinos	Faz. Capão Grosso	Joaquim Carneiro Valadares	Privado	377271	8247562	11/09/98	108,00	10,84	29,08	10,56		0,58	Ativo	Indefinido	7,50	240,00	168,00	27,70
ARI-13	Arinos	Faz. Capão Grosso	Ademar Santana Valadares	Privado	377395	8253928	26/06/98	100,00	16,29	31,87	10,70		0,69	Ativo	Cárstico	7,64	253,00	177,00	27,60
ARI-14	Arinos	Faz. Ponte	Getúlio Pereira Soares	Privado	377003	8264131	Ago/98	40,00	11,67	15,40	12,00		3,22	Ativo	Cárstico	7,22	358,00	251,00	27,10

Valores em vermelho indicam dados calculados

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

Nº Ponto	Município	Localidade	Proprietário	Setor	Coordenadas		Data da Perfuração	Profundidade (m)	Nível Estático Teste (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m3/h) de teste	Vazão de Visita (m3/h)	Vazão Espec. (m3/h.m)	Situação do poço	Tipo de Aquífero	Parâmetros "in loco"			
					Longitude	Latitude										pH "in loco"	CE (µs/cm)	STD (mg/L)	Temp (°C)
ARI-15	Arinos	Tamboril	Aristotales Valadares Santana	Privado	371370	8254987	21/09 a 10/10/95	80,00	13,00	27,00	14,30		1,02	Ativo	Indefinido	7,85	181,30	127,00	25,30
ARI-16	Arinos	Faz. Tamboril Assent. Rancharia	Antônia Luiza de Oliveira	Privado	370377	8252850	25/08/98	134,00	21,09	71,15	3,23		0,06	Ativo	Cárstico	7,92	210,00	147,00	27,00
ARI-17	Arinos	Faz. Agreste	INCRA	Público	366347	8265487	Jul/99	85,00						Ativo	Cárstico	7,24	354,00	247,00	26,60
ARI-18	Arinos	Assent. Santa Terezinha	Evilásio José Vieira	Privado	368398	8257874	1987	110,00						Ativo	Indefinido				
ARI-19	Arinos	Faz. São José	INCRA	Público	371113	8257931	1998	66,00						Ativo	Indefinido				
ARI-20	Arinos	Faz. Rancharia	Luis Carlos Godoy	Privado	372036	8260027								Ativo	Cárstico	7,69	359,00	251,00	27,20
ARI-21	Arinos	Faz. Sucupira	Jose Maria Mendes Cornélio	Privado	368960	8267600	1991	97,00				12,00		Ativo	Cárstico	7,13	383,00	268,00	30,70
ARI-22	Arinos	Faz. Astra II - Paracatu	Leonardo Paraíso Valadares Ribeiro	Privado	373864	8273188								Ativo	Indefinido	7,44	147,20	103,00	29,40
ARI-23	Arinos	Faz. Cercado	Astra II	Público	373847	8280917	14/05/99	72,00	2,00	7,00	26,40		5,28	Tampornado	Fissurado				
ARI-24	Arinos	Faz. Pescaieiro	João Valadares Carneiro	Privado	379827	8252778	Set/98	100,00	15,40	26,49	10,50		0,95	Tampornado	Cárstico				
ARI-25	Arinos	Faz. São Tomé	Nelson Leite Souza	Privado	378337	8252921	1998	61,00						Tampornado	Indefinido				
ARI-26	Arinos	Faz. Goiabeira	Nelson Leite Souza	Privado	378641	8254761	1996							Ativo	Indefinido				
ARI-27	Arinos	Faz. Capão Grosso	José Geraldo	Privado	379343	8256607		92,40						Tampornado	Indefinido				
ARI-28	Arinos	Fazenda Mangues	Joaquim Rodrigues Santana	Privado	378740	8250935	Set/98	53,00	18,31	20,90	11,00		4,25	Ativo	Indefinido	7,77	187,60	132,00	28,40
ARI-29	Arinos	Faz. Saquinho	Napoleão E. Valadares	Privado	373267	8238570								Ativo	Indefinido	7,84	244,00	171,00	28,30
ARI-30	Arinos	Faz. Capa	Plínio Jarbas Valadares	Privado	364913	8236256	1974	81,00		12,00		15,00		Ativo	Indefinido	7,79	281,00	197,00	28,20
ARI-31	Arinos		Afonso Luis da Mota	Privado	361832	8235720	1989	38,00				1,50		Desativado	Indefinido				

Valores em vermelho indicam dados calculados

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

Nº Ponto	Município	Localidade	Proprietário	Setor	Coordenadas		Data da Perfuração	Profundidade (m)	Nível Estático Teste (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m3/h) de teste	Vazão de Visita (m3/h)	Vazão Espec. (m3/h.m)	Situação do poço	Tipo de Aquífero	Parâmetros "in loco"			
					Longitude	Latitude										pH "in loco"	CE (µs/cm)	STD (mg/L)	Temp (°C)
ARI-32	Arinos	Faz. Capa	Afonso Luis da Mota	Privado	361824	8235725	30/10/98	102,00	24,00	62,00	2,30		0,06	Ativo	Indefinido	6,87	229,00	160,00	26,00
ARI-33	Arinos	Faz. Capa	Eva Maria Lourenço Mota	Privado	359194	8236597	03/05 a 21/05/96	74,00	19,00	21,00	11,31	12,00	5,66	Ativo	Misto (Granular + Cárst.)	7,08	459,00	321,00	26,00
ARI-34	Arinos	Faz. Boqueirão	Humberto Eustáquio de Queiroz	Privado	358347	8239340	1998	120,00						Ativo	Cárstico	7,55	684,00	479,00	26,70
ARI-35	Arinos	Faz. Capa	Afonso Luis da Mota	Privado	356906	8235372	1987/1988	100,00				2,00		Ativo	Cárstico	7,53	434,00	304,00	37,60
ARI-36	Arinos	Faz. Capa	Afonso Luis da Mota	Privado	357927	8233987	1987/1989	100,00				10,00		Ativo	Cárstico	7,44	363,00	254,00	24,90
ARI-37	Arinos	Faz. Mangues	Waldemar César Valadares	Privado	379518	8234966	Set/98	100,00	6,63	14,90	15,94		1,93	Ativo	Cárstico	7,73	298,00	209,00	29,20
ARI-38	Arinos		Redelvino Batista de Oliveira	Privado	381218	8234671								Ativo	Indefinido	7,71	271,00	190,00	28,30
ARI-39	Arinos	Faz. Pasto dos Bois	Armando Marcos Machado	Privado	377949	8222605	1996	59,00		37,00		12,80		Ativo	Indefinido	7,22	242,00	169,00	30,50
ARI-40	Arinos	Faz. Brisa	Armando Marcos Machado	Privado	377209	8239169	22/10/98	150,00	12,00	122,00	1,50		0,01	Tampnado	Indefinido				
ARI-41	Arinos	Astra III - Para Terra	Associação S/ Terra região de Arinos	Público	383599	8223725	18/05/99	72,00	7,00	20,00	20,31		1,56	Tampnado	Fissurado				
ARI-42	Arinos	Astra III - Para Terra	Associação S/ Terra região de Arinos	Público	383328	8224664	17/05/99	120,00						Poço Seco	Indefinido				
ARI-43	Arinos	Faz. Santiago	Mana Odete Valadares Carneiro	Privado	382726	8227982	1995							Ativo	Cárstico	7,66	304,00	214,00	28,10
ARI-44	Arinos	Faz. Santiago	Sônia Valadares	Privado	386743	8226854	04/04 a 23/04	80,00	11,00	45,00	6,05		0,18	Ativo	Cárstico				
ARI-45	Arinos	Faz. Santiago	José Carlos da Fonseca	Privado	384208	8226900	09/03 a 19/03/98	85,00	21,00	44,00	7,54		0,33	Ativo	Misto (Granular + Cárst.)	7,44	340,00	239,00	28,50

Valores em vermelho indicam dados calculados

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

Nº Ponto	Município	Localidade	Proprietário	Setor	Coordenadas		Data da Perfuração	Profundidade (m)	Nível Estático Teste (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m3/h) de teste	Vazão de Visita (m3/h)	Vazão Espec. (m3/h.m)	Situação do poço	Tipo de Aquífero	Parâmetros "in loco"			
					Longitude	Latitude										pH "in loco"	CE (µs/cm)	STD (mg/L)	Temp (°C)
ARI-46	Arinos	Faz. Santiago	Geraldo Magela de Castro	Privado	381344	8230990	Jul/99	80,00	18,00	58,00	3,60		0,09	Tampornado	Cárstico				
ARI-47	Arinos	Faz. Manguês	Edson Carlos da Mota	Privado	376909	8235853	1998	100,00	11,70	75,94	2,76		0,04	Ativo	Cárstico	7,51	427,00	299,00	29,00
ARI-48	Arinos	Faz. Campina Verde	Dalton Ribeiro Rocha	Privado	408210	8244497	Jan/98	96,00				12,00		Ativo	Fissurado	8,54	561,00	393,00	26,40
ARI-49	Arinos	Mimoso - Lote 25/INCRA	INCRA	Público	408005	8241632	04/06/97	120,00	0,00	41,00	13,20		0,32	Ativo	Fissurado	8,17	286,00	200,00	26,50
ARI-50	Arinos	Mimoso - Lote 15/INCRA	INCRA	Público	404047	8239019	06/06/97	84,00	3,00	25,00	66,00		3,00	Ativo	Indefinido				
ARI-51	Arinos	Mimoso - Lote 50/INCRA	INCRA	Público	410730	8243212	31/05/97	84,00	3,00	21,00	17,60		0,98	Ativo	Granular	5,97	26,70	19,00	29,20
ARI-52	Arinos	Mimoso - Lote 02(29)	INCRA	Público	409450	8241029	27/11/98	144,00	23,00	78,00	60,92		1,11	Tampornado	Indefinido				
ARI-53	Arinos	Igrejinha (ao lado Cór. da Areia)	COPASA	Público	423031	8245774	27/08/94	61,30	5,25	12,32	9,09		1,29	Ativo	Fissurado				
ARI-54	Arinos	Igrejinha (praça)	COPASA	Público	421904	8246856	30/07/92	103,00	18,90	69,54	3,46		0,07	Desativado	Fissurado				
ARI-55	Arinos	Igrejinha - Fz. Santo Antônio dos Gerais	COPASA	Público	422005	8246611								Tampornado	Indefinido				
ARI-56	Arinos	Faz. Tapera	Elcio Heber França Resende	Privado	417023	8249040	Jul/99	66,00						Tampornado	Fissurado	8,18	568,00	398,00	28,60
ARI-57	Arinos	Faz. Tapera	Elcio Heber França Resende	Privado	419093	8247345	01/03 a 20/03/1996	100,00	12,00	33,00	7,88		0,38	Ativo	Granular				
ARI-58	Arinos	Faz. Menino	José Antônio Cabral	Privado	420404	8250146								Ativo	Indefinido	7,77	176,00	123,00	28,10
ARI-59	Arinos	Faz. Buriti Grosso	Matos Além Alves da Costa	Privado	408716	8263762		34,00						Ativo	Indefinido	6,50	224,00	157,00	25,00
ARI-60	Arinos	Faz. Pedra Preta	Lucas Diniz Filho	Privado	408691	8264302	1994	45,00				10,00		Ativo	Indefinido				

Valores em vermelho indicam dados calculados

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

Nº Ponto	Município	Localidade	Proprietário	Setor	Coordenadas		Data da Perfuração	Profundidade (m)	Nível Estático Teste (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h) de teste	Vazão de Visita (m³/h)	Vazão Espec. (m³/h.m)	Situação do poço	Tipo de Aquífero	Parâmetros "in loco"				
					Longitude	Latitude										pH "in loco"	CE (µs/cm)	STD (mg/L)	Temp (°C)	
ARI-61	Arinos	Faz. Buriti Grosso	Carlos Rodrigues da Silva	Privado	406521	8262121	1999	60,00							Tampornado	Indefinido				
ARI-62	Arinos	Faz. Mangues	Aristophones Cordeiro Valadares	Privado	374308	8235478	Ago/98	125,00	10,05	17,41	10,84		1,47	Ativo	Fissurado	7,86	276,00	193,00	26,30	
ARI-63	Arinos	Faz. Brejo	Jose Figueiredo Rocha	Privado	391495	8240112	18/10/98	120,00	15,00	74,00	6,00		0,10	Ativo	Fissurado	7,96	152,00	106,00	26,60	
ARI-64	Arinos	Faz. Brejo	Antonio Mendes da Silva	Privado	397241	8239368	02/07 a 17/07/98	80,00	12,00	25,00	11,32		0,87	Ativo	Indefinido	8,03	272,00	190,00	26,30	
ARI-65	Arinos	Faz. Ipoeira	Dalmo Ironi de Lirzedo	Privado	396331	8238017	25/01/96 a 08/02/96	80,00	12,00	28,00	13,20		0,83	Ativo	Granular	6,70	188,90	132,00	27,50	
ARI-66	Arinos	Faz. Cuscuzeiro	Assueiro Carneiro de Almeida	Privado	374739	8258475	1998	113,00	9,70	45,00	2,90		0,08	Ativo	Cárstico	7,41	265,00	186,00	28,10	
ARI-67	Arinos	Faz. Cuscuzeiro	Assueiro Carneiro de Almeida	Privado	374699	8258480		120,00							Poço Seco	Cárstico				
ARI-68	Arinos	Faz. Ipoeira	Dalmo Ironi de Lirzedo	Privado	384374	8234377		100,00				7,60		Ativo	Cárstico	7,33	386,00	270,00	24,80	
ARI-69	Arinos	Faz. Ipoeira	Diocledes Dias Rodrigues	Privado	388137	8231595	05/11 a 20/11/98	100,00	12,00	70,00	2,10		0,04	Ativo	Cárstico	7,90	359,00	251,00	25,70	
ARI-70	Arinos	Faz. Ipoeira	Wilmar Cabral	Privado	389567	8231279								Ativo	Cárstico	8,49	577,00	404,00	26,00	
ARI-71	Arinos	Faz. Macaúbas	Wilmar Cabral	Privado	389638	8235488								Ativo	Cárstico	8,06	312,00	218,00	26,60	
ARI-72	Arinos	Sagarana - Lote 161	Geraldo Graciano Filho	Público	376384	8213471								Abandonado	Indefinido					
ARI-73	Arinos	Sagarana - Lote 161	Geraldo Graciano Filho	Público	376093	8213330		58,00							Poço Seco	Cárstico				
ARI-74	Arinos	Faz. Floresta (Sagarana)	Geraldo Rodrigues Fernandes	Privado	377637	8211680	28/10/98	120,00	12,00	52,00	20,00		0,50	Ativo	Indefinido	7,56	155,50	109,00	28,00	
ARI-75	Arinos	Faz. Floresta (Sagarana)	Geraldo Rodrigues Fernandes	Privado	378042	8211900	25/10/98	150,00							Poço Seco	Indefinido				

Valores em vermelho indicam dados calculados

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

Nº Ponto	Município	Localidade	Proprietário	Setor	Coordenadas		Data da Perfuração	Profundidade (m)	Nível Estático Teste (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h) de teste	Vazão de Visita (m³/h)	Vazão Espec. (m³/h.m)	Situação do poço	Tipo de Aquífero	Parâmetros "in loco"			
					Longitude	Latitude										pH "in loco"	CE (µs/cm)	STD (mg/L)	Temp (°C)
ARI-76	Arinos	Sagarana (Lote 119)	Mário Domingos Nunes	Público	378775	8211354								Ativo	Indefinido	7,49	251,00	176,00	25,10
ARI-77	Arinos	Sagarana (Lote 111)	Ana Pinto Ribeiro	Público	379747	8209649								Ativo	Indefinido	7,48	200,00	140,00	26,60
ARI-78	Arinos	Faz Boi Preto	Francisco Pedro de Souza	Privado	383934	8210658	Ago/99	108,00	27,00	74,00	8,80		0,19	Ativo	Cárstico	7,86	528,00	369,00	28,20
ARI-79	Arinos	Sagarana (Lote 96)	Geraldo Pereira do Amaral	Público	382886	8209212								Ativo	Cárstico	7,97	416,00	291,00	26,90
ARI-80	Arinos	Sagarana (Lote 107)	Gilmar Borges de Melo	Público	380502	8208118								Ativo	Indefinido				
ARI-81	Arinos	Faz. Cedro	Francisco Saintclair Carneiro	Privado	373954	8256515	1989	70,00						Ativo	Indefinido				
ARI-82	Arinos	Faz. Tamboril	Henrique Olegário Pacheco	Privado	369869	8250421								Ativo	Indefinido	8,05	232,00	162,00	26,80
ARI-83	Arinos	Sagarana	José Valdir da Silva	Público	379044	8215803		45,00						Ativo	Cárstico	7,91	299,00	209,00	26,30
ARI-84	Arinos	Sagarana (Lote 156)	Divino Severino Barbosa	Público	377476	8215428								Ativo	Indefinido	7,13	135,70	95,00	27,40
ARI-85	Arinos	Sagarana (Lote 152)	Celito Lemos Pereira	Público	376691	8217493	09/07/80	60,00						Ativo	Indefinido	7,85	224,00	157,00	27,30
ARI-86	Arinos	Sagarana (Lote 141)	Manoel Antônio Vasconcelos	Público	379045	8217385		70,00						Ativo	Cárstico	7,95	349,00	245,00	27,00
ARI-87	Arinos	Sagarana (Lote 69)	Prefeitura Municipal	Público	379511	8219507		45,00						Ativo	Indefinido				
ARI-88	Arinos	Sede	COPASA	Público	381370	8240015	03/10/70	46,00	9,00	16,00	7,20		1,03	Abandonado	Indefinido				
ARI-89	Arinos	Sede	COPASA	Público	381756	8239654	25/07/80	100,00	0,00	4,10	14,69		3,58	Desativado	Indefinido				
ARI-90	Arinos	Final da Rua Minas Gerais	COPASA	Público	381390	8239097	09/01/80	80,00	1,48	62,20	6,12		0,10	Abandonado	Fissurado				
ARI-91	Arinos	Rua Urucuia	COPASA	Público	381312	8239251	10/11/74	92,00	4,48	30,93	42,12		1,59	Abandonado	Cárstico				
ARI-91	Arinos	Rua Urucuia	COPASA	Público															

Valores em vermelho indicam dados calculados

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

Nº Ponto	Município	Localidade	Proprietário	Setor	Coordenadas		Data da Perfuração	Profundidade (m)	Nível Estático Teste (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m3/h) de teste	Vazão de Visita (m3/h)	Vazão Espec. (m3/h.m)	Situação do poço	Tipo de Aquífero	Parâmetros "in loco"			
					Longitude	Latitude										pH "in loco"	CE (µs/cm)	STD (mg/L)	Temp (°C)
ARI-92	Arinos	Sede	COPASA	Público	381169	8239152	27/02/86	102,00	21,30	63,82	9,65		0,23	Abandonado	Fissurado				
ARI-93	Arinos	Rua Jose Gomes Viana, 1888	COPASA	Público	381108	8239640								Abandonado	Indefinido				
ARI-94	Arinos	Chacara do Joaquim Toledo	COPASA	Público	380934	8239681	04/07/81	80,00	0,00	33,42	21,82		0,65	Abandonado	Fissurado				
ARI-94	Arinos	Chacara do Joaquim Toledo	COPASA	Público															
ARI-95	Arinos	Faz. Boa Vista	Luiz Alves de Melo	Privado	395708	8259860	Jun/99	80,00	12,50	15,00	15,53		6,21	Ativo	Granular	6,64	36,00	25,00	29,10
ARI-96	Arinos	Capul (entreposto)	Capul	Privado	380487	8240794	09/10/97	80,00	20,00	56,00	5,35	5,80	0,15	Ativo	Indefinido	8,14	206,00	144,00	29,30
ARI-97	Arinos	Sítio Três Marias	Jose Pericles Lopes de Castro	Privado	380555	8241119		50,00						Ativo	Indefinido	7,49	195,70	137,00	30,60
ARI-98	Arinos	Sagarana - Faz. Boi Preto	Albertino Rodrigues da Costa	Público	383969	8218112								Ativo	Cárstico	8,04	551,00	386,00	27,60
ARI-99	Arinos	Sagarana - Faz. Boi Preto	Albertino Rodrigues da Costa	Público	384300	8219343								Abandonado	Indefinido				
ARI-100	Arinos	Sagarana - Faz. Ponte Pequena	Fernando	Público	382698	8218899								Ativo	Indefinido				
ARI-101	Arinos	Sagarana - Faz. Ponte Pequena	Joaquim Rosa	Público	383410	8219582								Abandonado	Indefinido				
ARI-102	Arinos	Sagarana (Lote 72)	Joao Serafim da Silva	Público	380657	8218246								Ativo	Indefinido				
ARI-103	Arinos	Sagarana - Faz. Nosa Senhora Aparecida	Luciano Pedro	Público	381039	8216403		60,00						Ativo	Indefinido	7,64	286,00	200,00	26,90
ARI-104	Arinos	Faz. Três Marias		Privado	383899	8256273	05/03/75	100,00	9,50	40,00	9,29		0,30	Ativo	Indefinido				
ARI-105	Arinos	Posto Vitória	Luis Martins Leite	Privado	380759	8240708		60,00						Ativo	Indefinido	7,84	162,00	113,00	26,20

Valores em vermelho indicam dados calculados

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

Nº Ponto	Município	Localidade	Proprietário	Setor	Coordenadas		Data da Perfuração	Profundidade (m)	Nível Estático Teste (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h) de teste	Vazão de Visita (m³/h)	Vazão Espec. (m³/h.m)	Situação do poço	Tipo de Aquífero	Parâmetros "in loco"			
					Longitude	Latitude										pH "in loco"	CE (µs/cm)	STD (mg/L)	Temp (°C)
ARI-106	Arinos	Faz. Furados	Maria Fernandes Valadares	Privado	404293	8269403	1979	68,00						Ativo	Indefinido	7,68	287,00	201,00	25,90
ARI-107	Arinos	Faz. Gabriela	Neliton Garcia Ribeiro	Privado	400157	8266416	1985	106,00						Ativo	Indefinido	7,10	152,70	107,00	28,30
ARI-108	Arinos	Faz. Riacho das Águas	José Otávio Carvalho Lopes	Privado	407138	8221838		102,00						Ativo	Indefinido	7,96	198,20	139,00	27,70
ARI-109	Arinos	Faz. Soberbo	Novelli Penna Agropecuária	Privado	411860	8224963	Ago/99							Ativo	Indefinido	7,92	266,00	186,00	27,80
ARI-110	Arinos	Faz. Ponte Velha	Raimundo Gomes de Souza	Privado	369861	8232625	1987							Ativo	Indefinido				
ARI-111	Arinos	Faz. Ponte Velha	Raimundo Gomes de Souza	Privado	367772	8231525	Out/99	126,00						Tampornado	Indefinido				
ARI-112	Arinos	Faz. Porteira	Teotônio Duarte Chaves	Privado	370604	8231419								Ativo	Granular	7,26	21,40	15,00	25,80
ARI-113	Arinos	Clube do DER	Associação Rodoviária Arinense	Privado	380114	8240784	04/07/96	60,00	25,00	26,00	14,40		14,40	Tampornado	Indefinido				
ARI-114	Arinos	Empresa Santo Antônio (Viação)	Empresa Santo Antônio	Privado	380786	8240612								Ativo	Indefinido				
ARI-115	Arinos	Morrinhos	Carlos Gilberto Loi	Privado	395319	8228594	05/10/95 a 18/10/95	84,00	13,00	14,00	18,42		18,42	Ativo	Indefinido	7,52	216,00	151,00	27,00
ARI-116	Arinos	Faz. Ipueira / Extrema	Camilo e Silvério Alves Costa	Privado	390221	8232433	1987	120,00						Ativo	Indefinido				
ARI-117	Arinos	Faz. Ipueira	João Carneiro Valadares	Privado	390709	8234636	1998							Ativo	Cárstico	7,76	331,00	232,00	27,60
ARI-118	Arinos	Sagarana		Público	381321	8208337								Tampornado	Indefinido				
ARI-119	Arinos	Sagarana - INCRA (Lote 130)	Eduardo de Souza e Silva	Público	378187	8213507								Ativo	Indefinido	7,92	244,00	171,00	26,90
ARI-120	Arinos	Sagarana	Aldo Silva	Público	379917	8213060		60,00		40,00		6,00		Ativo	Indefinido				

Valores em vermelho indicam dados calculados

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

Nº Ponto	Município	Localidade	Proprietário	Setor	Coordenadas		Data da Perfuração	Profundidade (m)	Nível Estático Teste (m)	Nível Dinâmico (m)	Vazão (m³/h) de teste	Vazão de Visita (m³/h)	Vazão Espec. (m³/h.m)	Situação do poço	Tipo de Aquífero	Parâmetros "in loco"			
					Longitude	Latitude										pH "in loco"	CE (µs/cm)	STD (mg/L)	Temp (°C)
ARI-121	Arinos	Sagarana (Lote 113)	João Edson de Souza Júnior	Público	382201	8211323		60,00		42,00		6,00		Ativo	Cárstico	8,08	335,00	235,00	26,70
ARI-122	Arinos	Sagarana - Lote 78	Ivoni Soares de Oliveira	Público	385200	8215512								Ativo	Cárstico	8,01	440,00	308,00	28,80
ARI-123	Arinos	Sagarana - Sede		Público	374620	8211931								Abandonado	Indefinido				
ARI-124	Arinos	Faz. Camarinhas	Elcio Felício de S	Privado	369593	8217242	1998	84,00				11,20		Ativo	Cárstico	7,18	505,00	353,00	27,40
ARI-125	Arinos	Sagarana - Lote 81	Maria Martins da Silva	Público	384476	8213847								Ativo	Indefinido	7,24	203,00	142,00	27,70
ARI-126	Arinos	Faz. Mangue	Antônio Lucas Jacinto de Abreu	Privado	376243	8238938	29/10/98 a 22/11/98	80,00	14,00	28,00	8,80		0,63	Ativo	Indefinido	7,75	241,00	170,00	26,80
ARI-127	Arinos	Faz. Jaboticabas	Demilson Carvalho Rodrigues	Privado	364003	8239318	08/12 a 23/12/96	80,00	12,00	20,00	15,84		1,98	Ativo	Cárstico	7,05	345,00	242,00	27,00
ARI-128	Arinos	São Domingos - JB		Privado	363843	8287437	1996	90,00	14,00	29,00	9,70			Ativo	Cárstico	7,50	424,00		27,30

Valores em vermelho indicam dados calculados

ANEXO 2

Características Organolépticas, Físico-Químicas, Químicas e Bacteriológicas

Nº Ponto	Município	Localidade	Data da Coleta	Cor (mg/Pt)	Turbidez (unt)	Sólidos Totais (mg/L)	Dureza Total (CaCO ₃)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ⁺² (mg/l)	Mg ⁺² (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	CO ₃ ²⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Fe Total (mg/L)	Mn (mg/l)	Nitrico	Nitroso	F ⁻ (Mg/l)	Fosfato Total em P	Coliformes Totais (em 100ml)
ARI-05	Arinos	Faz. Santa Paula	11/11/99	2,00	0,39	357,60	12,00	131,00	1,02	3,20	0,97	187,88	42,00	1,88	53,07	0,20	<0,05	0,53	<0,001	0,76	0,02	<2,00
ARI-13	Arinos	Faz. Capão Grosso	05/10/99	1,00	75,43	179,40	104,00	11,64	0,79	35,20	3,89	157,38		0,87	0,50	8,43	<0,05	<0,001	0,060	<0,05		4,00
ARI-17	Arinos	Assent. Rancharia	14/12/99	1,00	11,43	238,30	176,24	4,89	0,78	65,57	4,81	228,14	ND	4,77	0,26	1,20	<0,05	<0,05	<0,001	0,23		<2,00
ARI-45	Arinos	Faz. Santiago	14/12/99	<1	228,00	482,60	190,10	0,70	0,80	38,81	22,62	234,85	ND	1,62	0,26	28,80	0,13	<0,05	0,007	<0,05	0,01	<2,00
ARI-48	Arinos	Faz. Campina Verde	11/11/99	<1	0,39	363,40	20,00	125,50	1,28	4,80	1,94	251,93	25,00	0,84	39,74	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001	1,21	0,03	<2,00
ARI-49	Arinos	Mimoso - Lote 25/INCRA	13/12/99	2,00	0,41	195,20	21,78	58,80	1,28	3,96	2,89	168,36	6,00	1,59	6,18	0,19	<0,05	0,12	<0,01	0,21	<0,01	<2,00
ARI-56	Arinos	Faz. Tapera	13/12/99	<1	0,25	364,20	47,52	102,00	1,17	8,71	6,25	184,22	12,00	0,18	79,38	0,08	<0,05	<0,05	<0,01	0,71	<0,01	<2,00
ARI-62	Arinos	Faz. Mangues	13/12/99	1,00	0,63	183,40	75,25	32,35	1,08	20,59	5,78	179,34	ND	1,59	<0,25	0,26	0,10	0,13	<0,001	0,07	0,01	900,00
ARI-63	Arinos	Faz. Brejo	13/12/99	<1	0,26	124,10	29,70	22,32	0,49	9,50	1,44	95,16	ND	0,31	0,26	<0,05	<0,05	0,13	<0,001	<0,05	<0,01	<2,00
ARI-89	Arinos	Sede	26/07/80	2,00	11,00					9,60	3,89	102,85	NIHIL	1,00	2,50	0,40	0,02	0,00	0,001	0,29		
ARI-90	Arinos	Final da Rua Minas Gerais	11/01/80 11/11/74	12,00	35,00	141,00		14,75	3,97	28,80	4,86	122,85	NIHIL		3,00	6,73	0,04			0,24		
ARI-91	Arinos	Rua Uruçuia		7,50	8,90	154,00				18,62	6,60	118,34	21,60		0,50	0,70	0,15	0,04	NIHIL			
ARI-91	Arinos	Rua Uruçuia	28/06/85	2,00	0,66	154,00		15,60	0,86	26,40	9,96	164,94	NIHIL	0,57	3,00	0,17	0,76	0,04	NIHIL	0,17		
ARI-93	Arinos	Rua José Gomes Viana, 1888				149,60																
ARI-94	Arinos	Chácara do Joaquim Toledo	19/07/81	5,00	100,00	228,80		18,86	0,82	8,00	3,50	100,04	NIHIL	2,00	0,50	2,00	0,08	<0,001	<0,001	0,17		
ARI-94	Arinos	Chácara do Joaquim Toledo	26/04/82	5,00	6,30	228,80				NIHIL	NIHIL	102,97	0,24	1,00	4,00	0,13	0,07			0,18		
ARI-103	Arinos	Sagarana - Faz. Nossa Senhora Aparecida	10/11/99	<1,00	7,77	227,80	90,00	30,59	0,93	30,40	3,40	186,66		3,31	0,77	1,33	0,32	<0,05	0,010	<0,05	0,02	4,00

Valores em vermelho indicam dados calculados

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

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"> É a capacidade da água transmitir corrente elétrica. Apresenta relação proporcional à concentração de substâncias iônicas dissolvidas. 	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> Condutividade elétrica elevada pode estar relacionada a alterações de sabor e problemas de corrosão ou incrustação em tubulações e reservatórios. 	<ul style="list-style-type: none"> Dependendo da natureza das substâncias dissolvidas o tratamento deverá ser direcionado para remoção da dureza ou extração dos sólidos totais dissolvidos.
Dureza Total	500 mg/L CaCO ₃ ⁻¹	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio (ex.: rochas calcárias). Grandes teores provêm de despejos de indústrias têxteis, químicas, lavanderias e curtumes. 	<ul style="list-style-type: none"> Inibe a formação de espuma Formação de incrustações nas tubulações e equipamentos Sabor desagradável 	<ul style="list-style-type: none"> A remoção da dureza pode ser feita pelos seguintes métodos: <ul style="list-style-type: none"> adição de cal e soda em quantidade precisamente calculada; utilização de substâncias (resinas sintéticas) que promovem a troca iônica extraindo o cálcio e o magnésio da água.
Na ⁺ (sódio) K ⁺ (potássio) Mg ⁺² (magnésio) Ca ⁺² (cálcio) HCO ₃ ⁻ (bicarbonato)		<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> Sódio: dissolução de rochas ricas em feldspato, rochas compostas por sais, efluentes urbanos e industriais. Potássio: dissolução de rochas ricas em feldspato e mica, efluentes industriais, minerários e agrícolas. Magnésio: dissolução de rochas ricas em minerais contendo Mg (dolomita, serpentina, piroxênio, anfibólio, olivina, mica). Cálcio: dissolução de rochas ricas em minerais contendo Ca (carbonato, gipso, feldspato, anfibólio). Bicarbonato: no CO₂ atmosférico e no CO₂ proveniente da decomposição da matéria orgânica no solo. 	<ul style="list-style-type: none"> Cálcio e magnésio: contribuem para a dureza da água e na produção de incrustações nas tubulações. Sódio: é prejudicial às plantas pois reduz a permeabilidade do solo dificultando a infiltração da água. Também cria problemas de espumas em caldeiras. 	<ul style="list-style-type: none"> Cálcio e magnésio: tratamento indicado para dureza (conferir abaixo). Sódio: tratamento indicado para sólidos dissolvidos (conferir abaixo).

Relação e Características dos Principais Parâmetros Analisados em Amostras de Água

Parâmetros	Limites máximos permissíveis	Características Gerais	Origem	Inconvenientes/ toxicidade	Formas de tratamento
SO ₄ ⁻²	400 mg/L ¹¹	<ul style="list-style-type: none"> Substância aniônica moderada a altamente solúvel. 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: atmosfera, dissolução de minerais que contêm o íon sulfato (gesso), oxidação de minerais que contêm enxofre na estrutura (sulfetos) presentes na rocha. Origem antropogênica: lançamento de esgotos e despejos industriais. 	<ul style="list-style-type: none"> Odor, sabor amargo. Corrosão nas tubulações. Efeito catártico (purgativo). 	<ul style="list-style-type: none"> Adição de cal e soda em quantidade precisamente calculada (abrandamento por cal). Tratamento com membrana semi-permeável (ver tratamento para sólidos totais dissolvidos).
Fósforo (Fosfato total em P)		<ul style="list-style-type: none"> O fósforo na água apresenta-se nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: dissolução de compostos do solo, decomposição de matéria orgânica. Origem antropogênica: despejos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes. 	<ul style="list-style-type: none"> Não apresenta problemas de ordem sanitária nas águas de abastecimento. 	
CL ⁻ (Cloreto)	250 mg/L ¹¹	<ul style="list-style-type: none"> É um dos principais ânions inorgânicos presentes na água e em efluentes. 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: dissolução de sais presentes na rocha, atmosfera e concentração no solo pela evapotranspiração (evaporação da água do solo e transpiração das plantas). Origem antropogênica: resíduo da indústria de álcool (vinhaça), fertilizantes inorgânicos, esgoto industrial. 	<ul style="list-style-type: none"> Gosto desagradável Complicações para a saúde em teores acima de 600mg/L. 	<ul style="list-style-type: none"> Para valores entre 250 e 600 exige-se coagulação, seguida ou não de decantação, filtração e desinfecção (Tratamento Convencional). Para valores acima de 600 além do tratamento convencional deve-se adotar métodos complementares. Alternativamente pode-se usar dessalinizadores para valores acima de 250mg/L.
Alumínio	0,2 mg/L ¹¹	<ul style="list-style-type: none"> Condições físico-químicas particulares favorecem ou não a solubilidade deste íon. 	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	

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"> 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). 	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> 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. Maiores concentrações ocorrem devido ao lançamento de despejos de indústrias químicas, de vidro, de beneficiamento de minério, dentre outras. 	<ul style="list-style-type: none"> 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. Doses excessivas são letais ao homem. 	<ul style="list-style-type: none"> Os intervalos de concentração de fluoreto para fins de tratamento devem ser analisados juntamente com o valores de coliformes, pH, cloretos, turbidez e cor. Para valores menores de 1,5mg/L apenas a desinfecção é suficiente. Para valores entre 1,5 e 3,0mg/L é exigida a filtração (filtros lentos de areia), precedida ou não de decantação. Para valores acima de 3,0mg/L recomenda-se tratamento convencional (coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção).
Nitrogênio Orgânico	0,03mg/L ³	<ul style="list-style-type: none"> É todo o nitrogênio presente em compostos orgânicos como proteínas, aminoácidos, aminos, amidos, nitro-derivados e outros. 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: presente em matéria orgânica não decomposta. Origem antropogênica: lançamentos de esgotos domésticos e lançamentos de origem orgânica. 		<ul style="list-style-type: none"> 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.
Nitrogênio amoniacal	0,05mg/L ³	<ul style="list-style-type: none"> Resultante da decomposição do nitrogênio orgânico pela ação de bactérias saprófitas (que se nutrem de restos de animais e plantas em decomposição). 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: decomposição de matéria orgânica. Origem antropogênica: indústria química (fibras sintéticas), fertilizantes, combustíveis, efluentes sanitários. 	<ul style="list-style-type: none"> Sua presença indica contaminação recente e perigosa, pois favorece a multiplicação de microorganismos. Concentrações acima de 2,5mg/L são tóxicas para algumas espécies de peixes de água doce. 	<ul style="list-style-type: none"> 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.
Sólidos Totais Dissolvidos	1000 ppm	<ul style="list-style-type: none"> Corresponde ao peso de todas substâncias dissolvidas na água, sejam estas voláteis ou não. 	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> 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.

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"> ▪ 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. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Os sólidos em suspensão se dividem em duas classes: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sólidos não Sedimentáveis são as partículas que em repouso podem formar suspensões. São as chamadas suspensões coloidais. ▪ Sólidos Sedimentáveis são aqueles que se depositam no fundo de recipiente com a água em repouso, em determinado intervalo de tempo. ▪ A origem para os Sólidos Totais é a mesma estabelecida para os Sólidos Totais Dissolvidos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Os mesmos relacionados aos sólidos totais dissolvidos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sólidos Totais Dissolvidos - tratamento descrito acima. ▪ 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. ▪ 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. ▪ 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.
Nitrato	10 mg/L * 2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Origem natural: dissolução de rochas, oxidação bacteriana de matéria orgânica, principalmente das eliminadas pelos animais e descargas elétricas. ▪ Origem antropogênica: fertilizantes, esgotos domésticos e efluentes orgânicos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acima de 40mg/L provoca cianoses em crianças. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coagulação seguida de filtração. ▪ Adição de cal. ▪ Tratamento com membranas semi-permeáveis - custo elevado. ▪ Processo de troca iônica com o uso de resinas sintéticas. ▪ Utilização de materiais adsorventes como carvão ativado.

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"> Composto instável, produzido a partir da oxidação da amônia pela ação de bactérias. 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: oxidação da amônia - indicativo de contaminação recente por redução bacteriana de nitratos. Origem antropogênica: contaminação por gasolina, uso de fertilizantes, lançamento de esgotos domésticos e efluentes orgânicos em processo de decomposição. 	<ul style="list-style-type: none"> Impotabiliza a água, pois sua presença indica poluição com possibilidade de existência de microorganismos patogênicos. Em meio ácido forma composto cancerígeno. 	<ul style="list-style-type: none"> 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 ativado).
Fe Total (Ferro Total)	0,3mg/L * ¹	<ul style="list-style-type: none"> Pode ser encontrado nas formas di e trivalentes como solução, colóides, suspensão ou em complexos orgânicos e minerais. 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: dissolução de minerais (silicatos, siderita, hidróxidos e sulfetos), corrosão de metais (p.ex. tubos de revestimento de poço tubular). Origem antropogênica: lançamento de efluentes industriais, drenagem de minas ácidas. 	<ul style="list-style-type: none"> Possibilita o desenvolvimento de ferro-bactérias. Sabor desagradável. Propriedade de manchar a roupa lavada. Acúmulo de depósitos nas tubulações. Imprópria para uso industrial. 	<ul style="list-style-type: none"> 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. Adição de cloro. Emprego de substâncias (resinas sintéticas) que promovam a extração do ferro através de troca catiônica.
Mn Total (Manganês Total)	0,1mg/L * ¹	<ul style="list-style-type: none"> Está presente em praticamente todos os solos, principalmente na forma de dióxido de manganês, solúvel sob condições anaeróbicas (sem oxigênio). 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: dissolução de minerais contendo manganês. Origem antropogênica: mineração de manganês, lançamento de efluentes industriais. 	<ul style="list-style-type: none"> Formação de incrustações nas tubulações. Propicia o desenvolvimento de certas bactérias que formam depósitos insolúveis de sais de manganês. Sabor desagradável. Quando em quantidade excessiva pode afetar o sistema nervoso central. Tóxico para plantas em níveis altos. 	<ul style="list-style-type: none"> 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.
SiO ₂ (Sílica)		<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> Dissolução de silicatos (minerais comuns nas rochas). 	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	

Relação e Características dos Principais Parâmetros Analisados em Amostras de Água

Parâmetros	Limites máximos permissíveis	Características Gerais	Origem	Inconvenientes/ toxicidade	Formas de tratamento
Ferro-bactérias		<ul style="list-style-type: none"> Bactérias não patogênicas (não causam doenças) que fazem parte da flora aquática. Têm a capacidade de aproveitar compostos de ferro em seu metabolismo. 	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> 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. 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. 	<ul style="list-style-type: none"> Alcalinização do poço com cal ou barrilha. Utilização de produtos comerciais como Wellclean. Utilização de polifosfatos juntamente com cloração. É aconselhável o monitoramento periódico dos poços tubulares para verificar a tendência de deterioração das condições ou para controle do processo de tratamento.
Coliformes totais e fecais	Até 10NMP ¹	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> Tanques (fossas) sépticos, linhas de esgoto, aterros sanitários. Lagoas de oxidação. Aplicação de águas residuárias (esgoto doméstico) na terra. 	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> Para valores de colif. Totais até 50 e Fecais <2 a simples desinfecção é suficiente (cloro ou ozona). Para valores de colif. Totais até 5000 e Fecais até 1000 é necessária a filtração seguida de desinfecção. Para valores de colif. Totais de 10.000 e fecais até 2.000 é exigido tratamento convencional (coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção). Para valores de colif. Totais até 20.000 e fecais até 5.000 deve ser realizado tratamento especial. Para valores de colif. Totais acima de 20.000 e fecais acima de 5.000 o tratamento exige processos complexos e dispendiosos.
Estreptococos fecais		<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> Ocorrem em águas contaminadas com dejetos de origem fecal. 	<ul style="list-style-type: none"> São apenas indicadores da ocorrência de fezes de animais nas águas, não representando problemas por si só. 	<ul style="list-style-type: none"> As formas de tratamento empregadas para remoção de coliformes totais e fecais são eficazes também para estreptococos fecais.
Sulfetos		<ul style="list-style-type: none"> Relaciona-se ao íon SO₄²⁻. 	<ul style="list-style-type: none"> Origem natural: decomposição anaeróbica da matéria orgânica. Origem antrópica: despejos domésticos e industriais. 	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	

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"> ▪ Aldrin e Dieldrin - 0.03¹ µg/L ▪ Clordano - 0.3¹ µg/L ▪ Heptacloroepóxido - 0.1¹ µg/L ▪ Heptacloro - 0.01³ µg/L ▪ Eldrin - 0.2¹ µg/L ▪ DDT - 1.0¹ µg/L ▪ PCB's - 0.001³ µg/L ▪ Toxafeno - 0.01³ µg/L ▪ Endosulfan - 0.004³ µg/L ▪ 2,4D - 100¹ µg/L ▪ 2,4,5 - TP - 10³ µg/L ▪ 2,4,5-T - 2.0³ µg/L ▪ Tetracloreto de Carbono - 3.0¹ mg/L ▪ Tetracloroeteno - 10¹ mg/L ▪ Hexaclorobenzeno - 0.1¹ mg/L ▪ Tricloroeteno - 30¹ mg/L ▪ Trihalometano - 100¹ mg/L ▪ 1,1 Dicloroetano - 0.3¹ mg/L ▪ 1,2 Dicloroeteno - 10¹ mg/L 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ São compostos orgânicos e inorgânicos, utilizados no controle e destruição de plantas e animais nocivos à sociedade ▪ Os defensivos agrícolas, os pesticidas dividem-se em: inseticidas, fungicidas, bactericidas, herbicidas, nematicidas, rodenticidas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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. ▪ Os herbicidas utilizam dioxicina na sua fabricação, causador de câncer. ▪ Os inseticidas fosforados e carbonatos atuam sobre o sistema nervoso, matando por asfixia. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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. ▪ 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.
Óleos e Graxas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Benzeno - 10¹ mg/L ▪ Tolueno ▪ Etilbenzeno ▪ Para-xileno ▪ Meta-xileno ▪ Orto-xileno 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ São substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal, tais como ácidos graxos, ceras, óleos, gorduras, sabões e graxas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Origem natural: ocorrem raramente devido à decomposição de matéria orgânica. ▪ Origem antrópica: despejos domésticos e industriais. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Processos de tratamento e remediação semelhantes aos requeridos para os organoclorados.

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)

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).

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⁻-cloreto, F⁻-fluoreto).

Cátions - Átomos ou grupo de átomos com carga positiva (p.ex: Na⁺ -sódio, Ca⁺² -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 - Fluídos 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⁺²) que permite a efetuação de duas ligações químicas com outros átomos para formar moléculas.

Forma Trivalente - Forma do átomo (p.ex: Fe⁺³) 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^+ , Fe^{+2} , SO_4^{-2}).

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 cáustica.

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 - Superfícies de aplainamento. Domínio dos planaltos residuais do São Francisco e das depressões pediplanadas.



Foto 2 - Dobras abertas em rochas do Grupo Paranoá. Serra de São Domingos 20km da cidade de Arinos. UTM: 369857E/8236210N.



Foto 3 - Calcário do Subgrupo Paraopeba. Distrito de Sagarana. UTM: 376093E/8213330N.



Foto 5 - Veredas típicas da região.



Foto 6 - Poço artesiano sem laje de proteção sanitária, servindo de bebedouro para o gado, com alto risco de contaminação. Fazenda Tapera. UTM: 417023E8249040N.



Foto 7 - Poço tubular com risco potencial de contaminação elevado. Em virtude da ausência de cimentação do espaço anelar e da laje de proteção sanitária ocorreu o solapamento da parede lateral ao revestimento. Esta situação facilita a infiltração de água superficial e contaminantes.



Foto 8 - Poço tubular com risco alto de contaminação em consequência da improvisação da tampa da saliência.