



Monitoramento das Águas Subterrâneas de Minas Gerais 2015 a 2017

Rede Norte de Minas, Rede Bacia do Rio das Velhas, Rede Guarani e Rede Bauru

Outubro de 2018

Belo Horizonte

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Secretário

Germano Luiz Gomes Vieira

Secretário Adjunto

Anderson Silva de Aguilar

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Diretora geral

Marília Carvalho de Melo

Diretor de Operações e Eventos Críticos

Heitor Soares Moreira

Gerente de Monitoramento de Qualidade das Águas

Katiane Cristina de Brito Almeida, Bióloga

I59m Instituto Mineiro de Gestão das Águas.

Monitoramento das águas subterrâneas de Minas Gerais -

2015 a 2017: Rede Norte de Minas, Rede Bacia do Rio das Velhas,

Rede Guarani e Rede Bauru. / Instituto Mineiro de Gestão das

Águas. --- Belo Horizonte: IGAM, 2018.

62p.: il.

1. Monitoramento ambiental. 2. Águas subterrâneas-
Minas Gerais. 3. Qualidade da água. I. Título

CDU: 556.38(815.1)

Ficha catalográfica elaborada por Mara Lúcia P. N. Pinto – CRB6/1203

REALIZAÇÃO:

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Diretor de Operações e Eventos Críticos

Heitor Soares Moreira

Gerência de Monitoramento de Qualidade das Águas

Katiane Cristina de Brito Almeida

Equipe Técnica

Carolina Cristiane Pinto, Engenheira Química

Charles Douglas Coelho, Técnico

Jean Lucca Gonzaga de Carvalho, Graduando em Geologia

Luana Duarte Prates, Graduando em Geologia

Mariana Elissa Vieira de Souza, Geógrafa

Maricene Menezes de Oliveira Mattos Paixão, Geóloga

Matheus Duarte Santos, Geógrafo

Regina Márcia Pimenta Assunção, Bióloga

Sérgio Pimenta Costa, Biólogo

Vanessa Kelly Saraiva, Química

APOIO:

Coletas de Amostras e Análises

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial SENAI

Centro de Inovação e Tecnologia SENAI – Campus CETEC

Instituto Senai de Tecnologia em Meio Ambiente

Marcos Bartasson Tannús - Diretor

Cláudia Lauria Fróes Siúves - Bióloga, Responsável Laboratório

Cláudia Márcia Perrout Cerqueira - Bióloga, Responsável Laboratório

Hanna Duarte Almeida Ferraz - Bióloga, Responsável Laboratório

Marina Miranda Marques Viana - Química, Responsável Qualidade

Mônica de Cassia Souza Campos - Bióloga, Responsável Laboratório

Nathália Mara Pedrosa Chedid - Bióloga, Responsável Laboratório

Patrícia Neres dos Santos - Química, Responsável Coleta

Patrícia Pedrosa Marques Guimarães - Química, Coordenadora do Projeto

Samuel Rodrigues Castro – Químico, Responsável Laboratório

Zenilde Das Graças Guimarães Viola - Química, Responsável Laboratório

Instituto Senai de Tecnologia em Química

Olguita G. Ferreira Rocha, Química e Bioquímica Farmacêutica - Diretora

Zenilde Das Graças Guimarães Viola - Química, Responsável Laboratório

Elisangela Dias Gomes - Eng. Química, Responsável Qualidade

Índice de Figuras

Figura 1. Redes de monitoramento operadas do período de 2015 a 2017.	2
Figura 2. Mapa com os poços de monitoramento da Rede Norte de Minas sobre os domínios geológicos aflorantes.....	4
Figura 3. Mapa com os poços de monitoramento da Rede Bacia do Rio das Velhas sobre os domínios geológicos aflorantes.	8
Figura 4. Mapa com os poços de monitoramento da Rede Guarani sobre os domínios geológicos aflorantes.	12
Figura 5. Mapa com os poços de monitoramento da Rede Bauru sobre os domínios geológicos aflorantes.	14
Figura 6. Principais parâmetros selecionados para as águas subterrâneas monitoradas no Estado.....	17
Figura 7. Percentuais das águas classificadas de acordo com o grau relativo de dureza para a Rede de Monitoramento Norte de Minas (Sub-bacias SF6, SF9 e SF10).....	26
Figura 8 Diagrama trilinear de Piper para as medianas das concentrações iônicas nos poços monitorados nas sub-bacias SF6, SF9 e SF10, no período de 2015 à 2017.	27
Figura 9. Frequência percentual de violação aos padrões para diferentes usos, para a Rede de Monitoramento Norte de Minas (Sub-bacias SF6, SF9 e SF10).	28
Figura 10. Percentuais de ocorrência de violação em relação ao total de medições realizadas, para cada poço da Rede Norte de Minas, frente aos parâmetros da água para consumo humano: (a) padrões associados a risco à saúde e (b) padrões organolépticos (que alteram sabor ou odor da água).....	29
Figura 11. Ocorrência de violação de padrões legais associados a risco à saúde, especificados os padrões, por poço da atual configuração da Rede Norte de Minas. .	32
Figura 12. Percentuais das águas classificadas de acordo com o grau relativo de dureza para a Rede de Monitoramento Bacia do Rio das Velhas.....	33
Figura 13 Diagrama trilinear de Piper para as medianas das concentrações iônicas nos poços monitorados na sub-bacia SF5, no período de 2015 a 2017.	34
Figura 14. Frequência percentual de violação aos padrões para diferentes usos, para a Rede Bacia do Rio das Velhas.	36
Figura 15. Percentuais de ocorrência de violação em relação ao total de medições realizadas, para cada poço da Rede Bacia do Rio das Velhas, frente aos parâmetros da água para consumo humano: (a) padrões associados a risco à saúde e (b) padrões organolépticos (que alteram sabor ou odor).	37
Figura 16. Ocorrência de violação de padrões legais associados a risco à saúde, especificados os padrões, por poço da atual configuração da Rede da Bacia do Rio das Velhas.....	39

Figura 17 Diagrama trilinear de Piper para as medianas das concentrações iônicas nos poços monitorados no Aquífero Guarani no período de 2015 à 2017.....	42
Figura 18 - Frequência percentual de violação aos padrões para diferentes usos, para a Rede Guarani.....	43
Figura 19. Percentuais de ocorrências de violação em relação ao total de medições realizadas, para cada poço da Rede Guarani frente aos parâmetros da água para consumo humano: (a) padrões associados a risco à saúde e (b) padrões organolépticos (que alteram sabor ou odor).....	44
Figura 20. Ocorrência de violação de padrões legais associados a risco à saúde, especificados os padrões, por poço da atual configuração da Rede Guarani.....	46
Figura 21. Percentuais das águas classificadas de acordo com o grau relativo de dureza para a Rede de Monitoramento Bauru.....	47
Figura 22 Diagrama trilinear de Piper para as medianas das concentrações iônicas nos poços monitorados no Aquífero Guarani no período de 2011 à 2017.....	49
Figura 23. Frequência percentual de violação aos padrões para diferentes usos, para a Rede de Monitoramento Bauru.....	50
Figura 24 - Percentuais de ocorrências de violação em relação ao total de medições realizadas, para cada poço da Rede Bauru, frente aos parâmetros da água para consumo humano: (a) padrões associados a risco à saúde e (b) padrões organolépticos (que alteram sabor ou odor).....	51
Figura 25. Ocorrência de violação de padrões legais associados a risco à saúde, especificados os padrões, por poço da atual configuração da Rede Bauru.....	53

Lista de Tabelas

Tabela 1. Principais características do monitoramento por região/aquífero monitorado: ano de início do monitoramento, número de poços que compõem cada rede, número de parâmetros analisados, total de resultados válidos, e frequência das amostragens.	3
Tabela 2. Principais características dos poços da atual configuração da Rede de Monitoramento Norte de Minas (UPGRH's SF6, SF9 e SF10).	5
Tabela 3. Principais características dos poços da atual configuração da Rede de Monitoramento Bacia do Rio das Velhas.	9
Tabela 4. Principais características dos poços da atual configuração da Rede de Monitoramento Guarani.	12
Tabela 5. Principais características dos poços da atual configuração da Rede de Monitoramento Bauru.	15
Tabela 6. Método analítico – nome do método e respectiva norma de referência – e os limites de quantificação aplicados no decorrer do monitoramento, para cada parâmetro monitorado nas águas subterrâneas de Minas Gerais.	19
Tabela 7. Valores Máximos Permitidos para os parâmetros de acordo com a Resolução Conama 396/2008 e com a Portaria de Potabilidade do Ministério da Saúde nº 2914/2011.	22
Tabela 8. Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas – estatística descritiva – para a Rede de Monitoramento Norte de Minas (Sub-bacias SF6, SF9 e SF10).	25
Tabela 9. Distribuição das classes de águas obtidas pelo diagrama trilinear de Piper nos poços monitorados nas sub-bacias SF6, SF9 e SF10.	27
Tabela 10. Relação de pontos que apresentaram violações em relação aos padrões, para consumo humano, para a Rede Norte de Minas (continuação).	31
Tabela 11. Distribuição das classes de águas obtidas pelo diagrama trilinear de Piper nos poços monitorados na sub-bacia SF5.	34
Tabela 12. Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas – estatística descritiva – para a Rede de Monitoramento Bacia do Rio das Velhas.	35
Tabela 13. Relação de pontos que apresentaram violações em relação aos padrões, para consumo humano, para a Rede da Bacia do Rio das Velhas.	38
Tabela 14. Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas – estatística descritiva – para a Rede de Monitoramento Guarani.	41
Tabela 15. Distribuição das classes de águas obtidas pelo diagrama trilinear de Piper nos poços monitorados no Aquífero Guarani.	42
Tabela 16. Relação de pontos que apresentaram violações em relação aos padrões, para consumo humano, para a Rede Guarani.	45

Tabela 17. Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas – estatística descritiva – para a Rede de Monitoramento Bauru.	48
Tabela 18. Distribuição das classes de águas obtidas pelo diagrama trilinear de Piper nos poços monitorados no Aquífero Bauru.	49
Tabela 19. Relação de pontos que apresentaram violações em relação aos padrões de consumo humano para a Rede Bauru.	52
Tabela 20. Comparação dos parâmetros violados para os períodos de 2014 a 2015 e de 2015 a 2017 para a Rede de Monitoramento Norte de Minas.	54
Tabela 21. Comparação dos parâmetros violados para os períodos de 2015 a 2016 e de 2015 a 2017 para a Rede de Monitoramento da Bacia do Rio das Velhas.....	56
Tabela 22. Comparação dos parâmetros violados para os períodos de 2014 a 2015 e de 2015 a 2017 para a Rede de Monitoramento Guarani.	57

Sumário

1	Principais Características das Redes de Monitoramento do Estado	1
2	Principais Características das Redes de Monitoramento do Estado	3
2.1	Rede Norte de Minas (Sub-bacias SF6, SF9 e SF10)	3
2.2	Rede Bacia do Rio das Velhas	8
2.3	Rede Guarani	11
2.4	Rede Bauru	13
3	Parâmetros e Padrões	16
3.1	Parâmetros Monitorados	16
3.2	Padrões	22
4	Qualidade das Águas Subterrâneas	23
4.1	Qualidade nas Sub-Bacias SF6, SF9 e SF10 (Rede de Monitoramento Norte de Minas)	23
4.2	Atendimento a Limites estabelecidos para Diferentes Usos das Águas Subterrâneas nas Sub-Bacias SF6, SF9 e S10	28
4.3	Qualidade na Sub-Bacia SF5 (Rede da Bacia do Rio das Velhas)	32
4.4	Atendimento a Limites estabelecidos para Diferentes Usos das Águas Subterrâneas na Sub-Bacia SF5 (Rede da Bacia do Rio das Velhas)	36
4.5	Qualidade do Aquífero Guarani	39
4.6	Atendimento a Limites estabelecidos para Diferentes Usos das Águas Subterrâneas no Aquífero Guarani	43
4.7	Qualidade do Aquífero Bauru	46
4.8	Atendimento a Limites estabelecidos para Diferentes Usos das Águas Subterrâneas no Aquífero Bauru	50
4.9	Evolução da qualidade das Redes de Monitoramento do Estado	53
5	Considerações Finais	57
6	Referencial Bibliográfico	62

1 • Introdução

A gestão das águas subterrâneas no Estado de Minas Gerais, visando à manutenção da sua qualidade, perpassa por diversas ações desenvolvidas pelo Sistema Estadual do Meio Ambiente (Sisema), as quais são de responsabilidade do IGAM e dos demais órgãos que compõem o Sistema, e que incluem:

- Licenciamento ambiental.
- Fiscalização de fontes potenciais de poluição.
- Monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas.
- Planos de recursos hídricos.
- Outorga de uso de recursos hídricos.
- Cobrança pelo uso da água.
- Zoneamento ecológico-econômico.
- Projetos de caracterização de aquíferos.

O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas vem sendo executado pelo IGAM desde 2005, por meio da Rede Estadual de Monitoramento de Qualidade de Águas Subterrâneas. Este se iniciou no âmbito das sub-bacias SF6 – rios Jequitaí e Pacuí, SF9 – rio Pandeiros e SF10 – rio Verde Grande, inseridas na mesorregião do Norte de Minas Gerais (bacia do rio São Francisco), a qual está inserida no domínio hidrogeológico do aquífero Bambuí. Em 2015 deu-se início ao monitoramento da bacia do Rio das Velhas com a implantação de 40 pontos de monitoramento em diferentes aquíferos da bacia. O monitoramento realizado pelo IGAM compreende ainda 5 pontos localizados no Aquífero Guarani, em sua parte confinada que ocorre no Triângulo Mineiro. Com ensejo de ampliar o monitoramento no Estado, com o uso de poços de monitoramento dedicados, o IGAM vem, ao longo dos últimos anos, procurando estabelecer parcerias com outras instituições dentre as quais se destacam a CPRM e COPASA.

Os pontos que compõem as redes de monitoramento são, na sua grande maioria, poços tubulares de produção. São também monitorados poços rasos na rede do Norte de Minas e 5 nascentes na rede da bacia do rio das Velhas. Poços dedicados ao monitoramento são aqueles que constituem a rede Rimas da CPRM no aquífero Bauru.

O monitoramento realizado pelo órgão permite a caracterização e a avaliação das condições de qualidade, de forma a assegurar o uso adequado dessas águas e

também fornece subsídios para ações de prevenção e controle da poluição, assim como permite a implementação de outros instrumentos de gestão de recursos hídricos, tal como o estabelecimento de background (valores de origem naturais) e o enquadramento para as águas subterrâneas.

O presente relatório apresenta os resultados das redes Norte de Minas, Bacia do Rio das Velhas, Guarani, para o período dos anos hidrológicos de 2015 a 2017, e da rede Bauru, para o período de 2011 a 2017.(Figura 1).

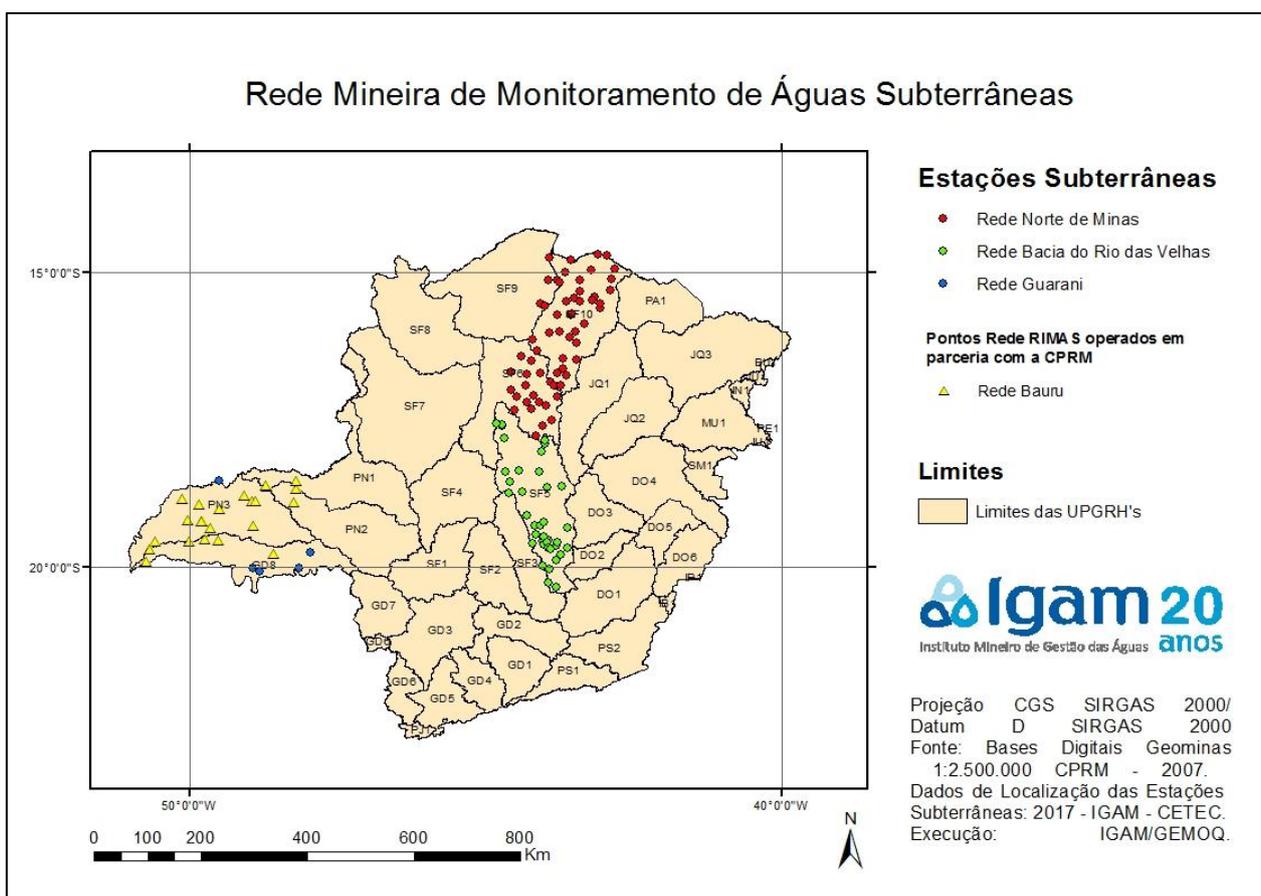


Figura 1. Redes de monitoramento operadas do período de 2015 a 2017.

Um breve resumo com as características do monitoramento realizado no período considerado, nas redes citadas, é apresentado abaixo (Tabela 1).

Considera-se o número de resultados válidos correspondente àqueles para os quais foram obtidos valores exatos de medição, sendo desconsiderados os resultados que apresentaram valores abaixo do limite de quantificação do método analítico.

Tabela 1. Principais características do monitoramento por região/aquífero monitorado: ano de início do monitoramento, número de poços que compõem cada rede, número de parâmetros analisados, total de resultados válidos, e frequência das amostragens.

Características	Norte de Minas	Bacia do Rio das Velhas	Guarani	Bauru
Início do período do monitoramento	2005	2015	2009	2011
Nº de pontos	60	38	5	16*/23**
Nº de parâmetros analisados	70	72	72	90
Nº de resultados válidos	21200	6213	803	581
Periodicidade de coleta Semestral	Semestral	Semestral	Anual	Anual

*Número de poços monitorados durante o período.

**Número de poços projetados para a rede.

2 • Principais Características das Redes de Monitoramento do Estado de MG

2.1 Rede Norte de Minas (UPGRH's SF6, SF9 e SF10)

O monitoramento da Rede Norte de Minas teve início no ano 2005 e desde então foram realizadas 23 campanhas na região com um intervalo de monitoramento semestral. A rede é composta por 60 poços dispostos em 25 municípios, dentre os quais estão Montes Claros, Janaúba, Jequitaiá, Varzelândia e Verdelândia (Figura 2). Apresenta uma série histórica mais representativa, visto que foi priorizada, historicamente, em função de:

- Relativa fragilidade ambiental da região, motivada pela baixa disponibilidade hídrica;
- Vulnerabilidade natural dos sistemas aquíferos cársticos;
- Falta de esgotamento sanitário adequado nas áreas urbanizadas;
- E conflitos de usos d'água.

As UPGRH's em que é feito o monitoramento das águas subterrâneas, na mesorregião, correspondem a 83.433 km², dos quais: 27.219 km² de área de drenagem da porção mineira da SF10 – sub-bacia do rio Verde Grande, 31.258 km² da porção mineira da SF9 – sub-bacia do rio Pandeiros e 24.956 km² da SF6 – sub-bacia dos rios Jequitaiá e Pacuí, esta última integralmente em Minas Gerais (IGAM, 2012 – a e b).

Em relação à geologia, a área monitorada situa-se na Província do Cráton do São Francisco e apresenta domínios geológicos extensos, com comportamento geocronológico marcado por processos plutônicos, vulcânicos e sedimentares.

As sequências da plataforma carbonática do supergrupo São Francisco, representadas pelo grupo Bambuí, compõem as principais unidades estratigráficas. O grupo é constituído por duas sucessões: na base, uma sucessão marinha da base para o topo composta pelas formações Sete Lagoas (carbonática), Serra de Santa Helena (pelítico-carbonática), Lagoa do Jacaré (carbonática) e Serra da Saudade (pelítica) – as quais compõem o subgrupo Paraopeba; e a sucessão de topo que é marinho continental e está representada pela formação Três Marias, predominantemente psamítica.

Nas UPGRH's SF6, SF9 e SF10 podem ser diferenciadas quatro tipologias de sistemas aquíferos: sistema aquífero granular, representado por sedimentos fanerozóicos; sistema aquífero cárstico; sistema aquífero cárstico-fissurado das rochas pelítico-carbonáticas do Grupo Bambuí; e sistema aquífero fissurado formado por rochas metapelíticas e xistosas dos grupos Bambuí, Macaúbas e da Formação Jequitáia.

O uso da água subterrânea é muito difundido na mesorregião Norte de Minas devido aos fatores climáticos, alto índice de evaporação e às condições propícias à infiltração e circulação de água, principalmente nas áreas de domínio dos aquíferos cársticos e cárstico fissurado formado por rochas do grupo Bambuí.

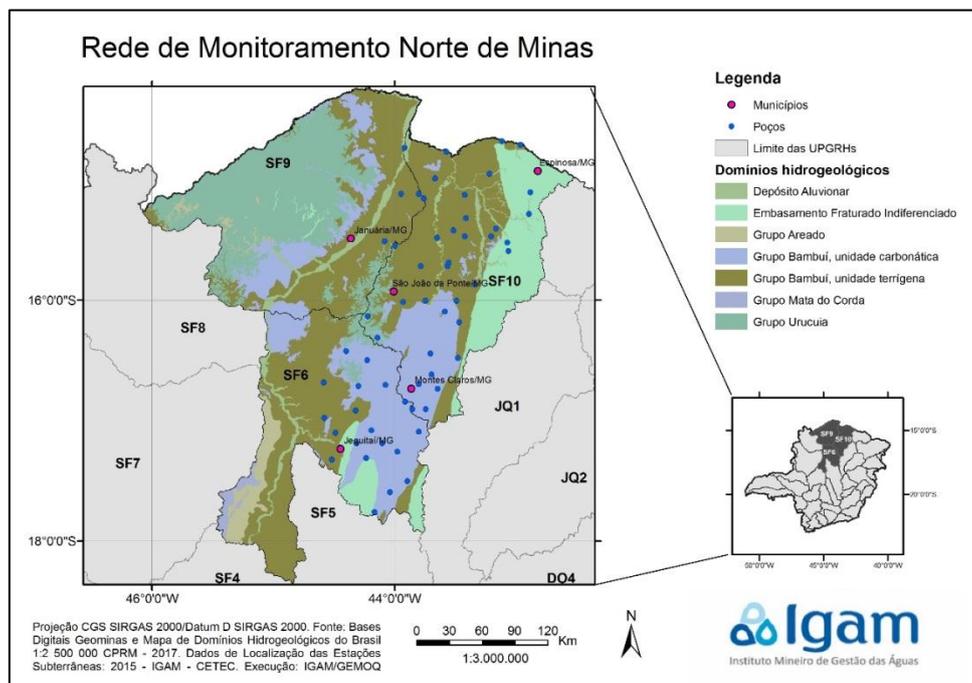


Figura 2. Mapa com os poços de monitoramento da Rede Norte de Minas sobre os domínios geológicos aflorantes

Tabela 2. Principais características dos poços da atual configuração da Rede de Monitoramento Norte de Minas (UPGRH's SF6, SF9 e SF10).

Ponto	Latitude	Longitude	Município	Localidade	Aquífero (principal)	Profundidade do poço (m)	Usos da água do poço
BC001	-17,094319	-43,802453	Bocaiúva	RIMA	Bambuú	96	Industrial
BC003	-17,504503	-43,896206	Bocaiúva	Fazenda Santa Helena	Bambuú	41	Consumo humano e dessedentação animal
CE001	-16,096842	-43,587267	Capitão Enéias	Virgilândia	Bambuú	80	Dessedentação animal
CJ002	-16,423911	-44,399625	Coração de Jesus	Comunidade Pequeno	Bambuú	72	Consumo humano
CJ004	-16,685056	-44,585164	Coração de Jesus	Comunidade São Geraldo	Bambuú	120	Abastecimento público
CJ005	-16,714081	-44,300414	Coração de Jesus	Comunidade Retiro	Bambuú	93	Consumo humano
CJ006	-16,499964	-44,227497	Coração de Jesus	Comunidade Mato Verde	Bambuú	57	Consumo humano
CP001	-17,082411	-44,192744	Claro dos Poções	COPASA	Bambuú	90	Abastecimento público
EN001	-17,261322	-43,976761	Engenheiro Navarro	Comunidade Mandacaru	Bambuú	66	Abastecimento público
EP001	-14,921147	-42,821125	Espinosa	Duarte Balieiro Confecções - LTDA	Bambuú	57	Consumo industrial
EP004	-14,680222	-43,115747	Espinosa	Comunidade Juremil	Bambuú	84	Consumo humano
EP006	-14,708172	-42,960717	Espinosa	COPASA	Bambuú	80	Consumo humano
FD001	-17,313758	-44,234875	Francisco Dumont	Bairro Esplanada - COPASA	Bambuú	74	Consumo humano
FD002	-17,189689	-44,104200	Francisco Dumont	Comunidade Santo Antônio	Bambuú	90	Consumo humano
FS002	-16,618953	-43,696564	Francisco Sá	Fazenda Cascabulho	Bambuú	100	Irrigação, consumo humano e dessedentação animal
FS003	-16,481475	-43,480503	Francisco Sá	Sítio Corgão	Bambuú	DI	Consumo humano e dessedentação animal
FS004	-16,185772	-43,468036	Francisco Sá	Fazenda Santa Maria	Bambuú	82	Consumo humano e dessedentação animal
FS007	-16,444444	-43,706117	Francisco Sá	Fazenda São Paulo	Bambuú	DI	Consumo humano e dessedentação animal
GM001	-14,950844	-43,217978	Gameleiras	Com. Jacú das Piranhas	Bambuú	68	Abastecimento público
JB003	-15,118542	-43,947183	Jaíba	Projeto Jaíba NH1	Bambuú - Cárstico-Fissurado	DI	Abastecimento público
JB007	-15,118675	-43,801686	Jaíba	Fazenda Lagoa do Meio	Bambuú - Cárstico-Fissurado	80	Consumo humano e dessedentação animal
JB008	-15,157606	-43,759542	Jaíba	Fazenda Pioneira	Bambuú - Cárstico	80	Consumo humano e dessedentação animal

Tabela 2. Principais características dos poços da atual configuração da Rede de Monitoramento Norte de Minas (UPGRH's SF6, SF9 e SF10) (continuação).

Ponto	Latitude	Longitude	Município	Localidade	Aquífero (principal)	Profundidade do poço (m)	Usos da água do poço
JB020	-15,126897	-43,421642	Jaíba	Fazenda Terra Boa	Bambuú	90	Consumo humano
JB021	-15,318394	-43,413856	Jaíba	Fazenda Terra Morena	Bambuú	DI	Irrigação
JF001	-17,760886	-44,166400	Joaquim Felício	COPASA	Bambuú	89	Abastecimento público
JF002	-17,596772	-44,038792	Joaquim Felício	Curtume Catoni	Bambuú	43	Abastecimento público
JN001	-15,871800	-43,337458	Janaúba	Fazenda Baixa da Colônia	Bambuú	DI	Irrigação
JQ001	-17,189678	-44,316322	Jequitaiá	Barrocão	Bambuú	90	Abastecimento público
JQ002	-17,103761	-44,490394	Jequitaiá	Fazenda Chapada	Bambuú	80	Dessedentação animal
JQ003	-17,326608	-44,519247	Jequitaiá	Fazenda Porco Morto	Bambuú	74	Abastecimento público
JR001	-16,737164	-43,646867	Juramento	Comunidade Tira Chapéu	Bambuú	47	Dessedentação animal
LP001	-16,980592	-44,581553	Lagoa dos Patos	COPASA	Bambuú	190	Abastecimento público
MA001	-15,284725	-42,892189	Monte Azul	Comunidade Sipuai	Bambuú	DI	Abastecimento público
MA003	-15,104158	-42,879900	Monte Azul	Comunidade Marinho (Tamboril)	Bambuú	DI	Abastecimento público
MC002	-16,845089	-43,912536	Montes Claros	Sítio Pradinho	Bambuú	80	Consumo humano e dessedentação animal
MC003	-16,698656	-43,802603	Montes Claros	Posto Novo Rio	Bambuú	66	Consumo humano
MC004	-16,907669	-43,854767	Montes Claros	Barrocão -Água Santa	Bambuú	84	Consumo humano
MC005	-16,705681	-44,076017	Montes Claros	Fazenda Buritys	Bambuú	82	Consumo humano
MC006	-16,906614	-43,745569	Montes Claros	Rio do Sítio	Bambuú	DI	Consumo humano e dessedentação animal
MR001	-16,313058	-44,141108	Mirabela	Posto da Polícia Rodoviária Estadual	Bambuú	DI	Consumo humano
MR002	-16,134222	-44,222600	Mirabela	Comunidade São Bento	Bambuú	84	Consumo humano
MTC001	-14,990558	-43,666392	Matias Cardoso	Fazenda Brasão	Bambuú	97	Consumo humano e dessedentação animal
MTC002	-14,733336	-43,918886	Matias Cardoso	Fazenda Vila Bela	Bambuú	120	Consumo humano
MTC006	-14,769069	-43,573892	Matias Cardoso	Fazenda Betânia	Bambuú	81	Consumo humano e dessedentação animal
PP001	-15,592278	-43,062044	Pai Pedro	Comunidade Mirante	Aquífero Fissurado	DI	Consumo humano

Tabela 2. Principais características dos poços da atual configuração da Rede de Monitoramento Norte de Minas (UPGRH's SF6, SF9 e SF10) (continuação).

Ponto	Latitude	Longitude	Município	Localidade	Aquífero (principal)	Profundidade do poço (m)	Usos da água do poço
PP002	-15,406058	-43,163211	Pai Pedro	Fazenda Angicos	Aquífero Fissurado	80	Consumo humano
PP004	-15,523006	-43,070233	Pai Pedro	COPASA	Aquífero Fissurado	DI	Abastecimento público
RM001	-16,005717	-43,490003	Riacho dos Machados	COPASA	Bambuú	DI	Abastecimento público
SL001	-16,919136	-44,322517	São João da Lagoa	Riacho da Areia	Bambuú	66	Dessedentação animal
SP001	-16,919136	-44,322517	São João da Ponte	Brejo Grande	Bambuú	60	Dessedentação animal, urbano
SP002	-16,004728	-43,747681	São João da Ponte	Fazenda Santa Mônica	Bambuú	DI	Consumo humano e dessedentação animal
SP003	-16,016236	-43,932056	São João da Ponte	Fazenda Sementes Tolentino	Bambuú	64	Abastecimento público e lavagem de veículos
VD001	-15,719172	-43,786544	Verdelândia	Comunidade Sebo	Bambuú - Cárstico-Fissurado	52	Abastecimento público
VD003	-15,717833	-43,565894	Verdelândia	Fazenda Sapé	Bambuú - Cárstico	60	Dessedentação animal e, eventualmente, consumo humano
VD013	-15,421681	-43,516981	Verdelândia	Fazenda Colonial	Bambuú - Cárstico-Fissurado	140	Dessedentação animal
VD014	-15,689117	-43,554647	Verdelândia	Fazenda Oriente	Bambuú - Cárstico	34	Irrigação
VD020	-15,471261	-43,204186	Verdelândia	Fazenda Serra Colonial	Bambuú	114	Consumo humano e dessedentação animal
VD022	-15,472922	-43,422236	Verdelândia	Fazenda Santo Antônio do Bom Jardim	Bambuú	100	Dessedentação animal
VZ001	-15,511303	-44,082572	Varzelândia	Comunidade Bebedouro	Bambuú -Cárstico	100	Abastecimento público
VZ006	-15,549183	-43,998689	Varzelândia	Brejo do Mutambal	Bambuú	84	Consumo humano

Obs: DI – Dado Indisponível.

2.2 Rede Bacia do Rio das Velhas

A bacia do Rio das Velhas engloba total ou parcialmente 51 municípios sendo que 15 desses pertencem à região metropolitana de Belo Horizonte. A bacia situa-se na região central do estado tendo uma forma alongada na direção Norte-Sul. O Rio das Velhas nasce na Serra do Jorge (Cachoeira das Andorinhas) no município de Ouro Preto e deságua no Rio São Francisco na localidade de Barra do Guaicuí, no município de Várzea da Palma.

Os principais domínios hidrogeológicos da bacia estão representados principalmente por: Embasamento Fraturado Indiferenciado (metassedimentos/metavulcânicas); Grupo Bambuí (Unidade Carbonática e Unidade Terrígena); Formação Gandarela (dolomitos, formações ferríferas, marga, filito dolomítico e filito) e Depósitos Aluvionares (aluviões Quaternários e as coberturas detríticas Terciário-Quaternárias).

A Rede de Monitoramento Bacia do Rio das Velhas foi implantada no ano de 2015, com um intervalo de monitoramento semestral, e é composta por 38 pontos de amostragem, constituídos por poços tubulares (33 pontos) e nascentes (5 pontos). Os pontos de monitoramento foram selecionados a partir de bancos de dados existentes, tendo sido implantados com base em levantamentos de campo. A figura 3 ilustra a distribuição dos poços.

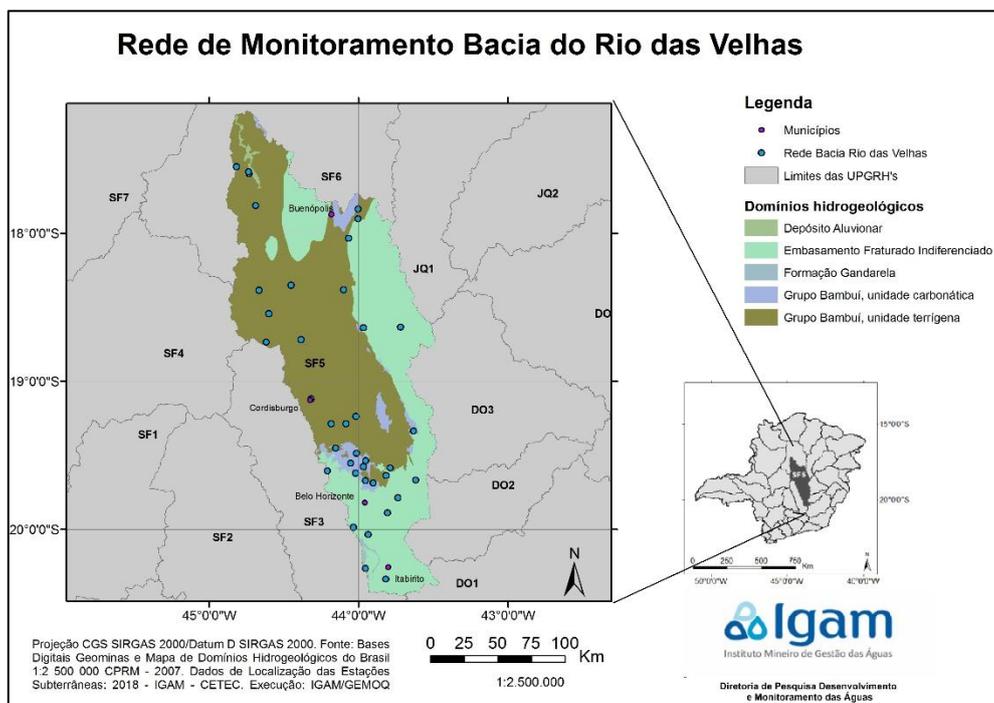


Figura 3. Mapa com os poços de monitoramento da Rede Bacia do Rio das Velhas sobre os domínios geológicos aflorantes.

Tabela 3. Principais características dos poços da atual configuração da Rede de Monitoramento Bacia do Rio das Velhas.

Ponto	Latitude	Longitude	Município	Localidade	Aquífero	Profundidade do poço (m)	Usos da água do poço
ALASB	-18,035278	-44,067778	Augusto de Lima	Aguas de Santa Bárbara	Cárstico - fissurado	DI	DI
ARAPJ	-19,284722	-44,183611	Araçai	Assentamento Pai José	Cárstico - fissurado	100	Consumo humano e irrigação
BUCGO	-17,835833	-44,002222	Buenópolis	Comunidade Goiabal	Cárstico - fissurado	48	Abastecimento público
CBCSL	-19,602500	-44,206944	Capim Branco	Cond Sete Lagos	Cárstico	58	Consumo humano e dessedentação animal
CFNGR	-19,669167	-43,952222	Confins	Fazenda Nova Granja_Retiro	Cárstico - fissurado	93	Abastecimento público
COBMC	-18,351389	-44,451944	Corinto	Bairro Maria do Carmo	Cárstico - fissurado	105	Consumo humano
COFBM	-18,385278	-44,667500	Corinto	Fazenda Barra da Manga	Cárstico - fissurado	114	Consumo humano e dessedentação animal
CORSM	-19,116944	-44,317222	Cordisburgo	COPASA Sede municipal	Cárstico - fissurado	80	Abastecimento público
CUCC13	-18,717222	-44,384167	Curvelo	Copasa poço azul c13	Cárstico - fissurado	94	Abastecimento público
DATOM	-18,633889	-43,719167	Datas	Tombadouro	Fissurado	102	Consumo humano
FUGSJT	-19,285833	-44,084444	Funilândia	Granja São Judas Tadeu	Cárstico	82	Consumo humano e dessedentação animal
GOUPA	-18,637475	-43,968470	Gouveia	Usina Parauna	Fissurado	DI	Consumo humano
ITAAS	-20,262020	-43,953640	Itabirito	Condominio Aconchego da Serra	Fissurado	18,7	Abastecimento público
ITASGB	-20,333889	-43,817222	Itabirito	São Gonçalo do Baçõ	Fissurado	105	Abastecimento público
JABRA	-19,583611	-43,787222	Jabuticatubas	Recanto das Arara	Cárstico - fissurado	145	Consumo humano
JQCVQ	-19,235000	-44,017500	Jequitiba	Campo de Vaquejada - COPASA	Cárstico - fissurado	150	Consumo humano
LSCBA	-17,902500	-44,002500	Lassance	Comunidade Barreiras	Cárstico - fissurado	72	Abastecimento público
LSCBR	-17,814070	-44,686970	Lassance	Comunidade do Brejo	Cárstico - fissurado	80	Abastecimento público
LSPVD	-19,635833	-43,816444	Lagoa Santa	Lagoa Mansões_Nascente Poço Verde	Cárstico - fissurado	-	-
LSQSU	-19,574722	-43,967778	Lagoa Santa	Quinta do Sumidouro_nascente	Cárstico - fissurado	-	-
MGCC02	-18,542650	-44,600060	Morro da Garça	Centro Copasa-c02	Cárstico - fissurado	76	Abastecimento público

Tabela 3. Principais características dos poços da atual configuração da Rede de Monitoramento Bacia do Rio das Velhas (continuação).

Ponto	Latitude	Longitude	Município	Localidade	Aquífero	Profundidade do poço (m)	Usos da água do poço
MGNOA	-18,735833	-44,617778	Morro da Garça	Nascente Olhos d'Água	Cárstico - fissurado	-	-
MONOA	-18,383889	-44,100278	Monjolo	Comunidade Olhos d'Água	Cárstico - fissurado	50	Abastecimento público
MTBSP	-19,551944	-44,051944	Matozinhos	Bairro São Paulo	Cárstico	140	Abastecimento público
NLMEG	-20,033611	-43,934722	Nova Lima	Mata do Engenho	Fissurado	70	Consumo humano
PLFEX	-19,485278	-44,014444	Pedro Leopoldo	Fazenda Experiência Nascente	Cárstico- fissurado	-	-
PLFID	-19,534722	-43,951111	Pedro Leopoldo	Fidalgo	Cárstico	33,1	Abastecimento público
PLMMC	-19,619167	-44,019167	Pedro Leopoldo	Mina Manuel Carlos Cauê Nascente	Cárstico - fissurado	-	-
PMFSR	-19,451111	-44,151944	Prudente de Moraes	Fazenda Santa Rita EPAMIG	Cárstico - fissurado	150	Consumo humano
SABCP	-19,886390	-43,806670	Sabará	Comunidade Pompéu	Fissurado	98,5	Consumo humano
SABRC	-19,784722	-43,735833	Sabará	Ravena Cotoches	Fissurado	80	Consumo humano e industrial
SJLRM	-19,666944	-43,618611	São José da Lapa	Nova Granja Rio Minas	Cárstico	120	Consumo humano e dessedentação animal
SPPEX	-19,984722	-44,034167	Santana do Pirapama	Parque de exposição	Cárstico - fissurado	57	Consumo humano
VPBGU	-17,598060	-44,730830	Várzea Da Palma	Barra do Guaicui	Cárstico - fissurado	90	Abastecimento público
VPCEM	-17,585278	-44,735278	Várzea Da Palma	CEMIG	Cárstico - fissurado	108	Consumo humano
VPCRD	-17,551389	-44,817222	Várzea Da Palma	Riacho doce	Cárstico - fissurado	94	Abastecimento público
VPCLV	-19,685833	-43,902222	Vespasiano	Linha Verde COPASA	Fissurado	120	Abastecimento público
SRCM	-19,334683	-43,631208	Santana do Riacho	Pousada	Cárstico	50	Consumo humano

Obs: DI – Dado Indisponível.

2.3 Rede Guarani

O Sistema Aquífero Guarani – SAG é um aquífero transfronteiriço, que se localiza na região centro-leste da América do Sul compreendendo o Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina. É formado por rochas sedimentares da Bacia do Paraná e Chaco-Paraná, que compreendem arenitos eólicos e depósitos flúvio-lacustres, sendo que o primeiro de idade Jurássica e o último de idade Triássica

Devido a importância desse sistema aquífero, o mesmo vem sendo objeto de estudos e ações visando à construção da gestão integrada e sustentável de recursos hídricos, realizadas pelos países que o abrigam.

A Rede de Monitoramento do Aquífero Guarani no Estado de Minas Gerais está restrita à parte confinada do aquífero e teve o início das operações em 2009. A periodicidade do monitoramento é anual e, desde seu início de sua operação, foram realizadas 9 campanhas. Até 2014 apenas 4 poços eram monitorados, nos anos seguintes outro poço passou a ser monitorado, aumentando o número de poços para 5 (Figura 4).

A rede localiza-se no Triângulo Mineiro e os poços se encontram nas cidades: Conceição das Alagoas, Frutal, Cachoeira Dourada e Uberaba. Essas cidades, assim como a rede, estão inseridas nas UPGRHs Baixo Rio Paranaíba-PN3- e Baixo Rio Grande- GD8. Quatro dos poços foram instalados na unidade aflorante Formação Serra Geral, que sobrepõe a Formação Botucatu, principal unidade do Aquífero Guarani. O outro poço foi instalado na Formação Adamantina e atravessa todas as unidades supracitadas.

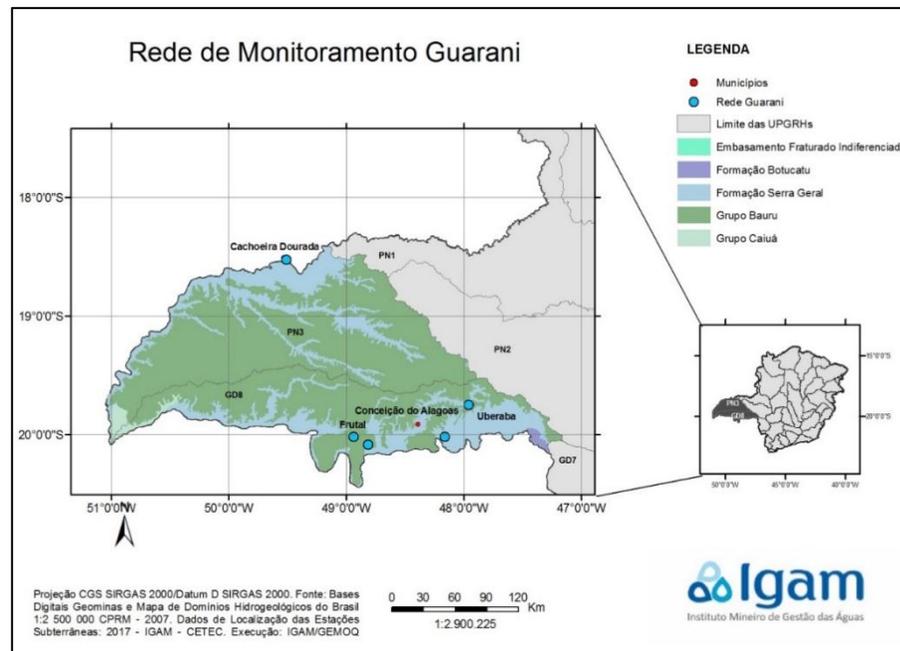


Figura 4. Mapa com os poços de monitoramento da Rede Guarani sobre os domínios geológicos aflorantes.

Tabela 4. Principais características dos poços da atual configuração da Rede de Monitoramento Guarani.

Ponto	Latitude	Longitude	Município	Localidade	Aquífero (principal)	Profundidade do poço (m)	Usos da água do poço
CAL1	-20,018611	-48,166111	Conceição das Alagoas	Estância Recanto das Águas	Guarani	341,4	Balneabilidade
CD3	-18,517500	-49,498667	Cachoeira Dourada	Yquara Termas	Guarani	470,0	Balneabilidade
FRT1	-20,081389	-48,819444	Frutal	Faz. São Bento da Ressaca	Guarani	1156,5	Industrial
FRT2	-20,019306	-48,942833	Frutal	Frutal	Guarani	1163,4	Abastecimento público
UBR3	-19,750583	-47,964250	Uberaba	Área urbana de Uberaba	Guarani	602,1	Abastecimento público

2.4 Rede Bauru

O Aquífero Bauru pertence à Bacia Sedimentar do Paraná e abrange os Estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, com área aflorante total de 353.420 km². É constituído por rochas sedimentares dos Grupos Bauru e Caiuá. No estado de Minas Gerais está localizado na região do Triângulo Mineiro, divisa com os estados de Goiás e São Paulo.

O Grupo Bauru compreende as Formações Marília, Uberaba e Vale do rio do Peixe e o Grupo Caiuá é representado pela Formação Santo Anastácio que ocorre em pequenas áreas nos municípios de Carneirinho e Iturama no vértice oeste do Triângulo Mineiro.

A Rede de Monitoramento Bauru é constituída por poços da Rede Integrada de Monitoramento de Água Subterrânea – RIMAS implantada pela CPRM-Serviço Geológico do Brasil. Essa rede foi instalada em 2011 e incorporada à rede de monitoramento de qualidade das águas subterrâneas do Estado em 2012. A operação se dá por meio de campanhas conjuntas realizadas pelas instituições, com previsão de realização de campanhas semestrais de coleta. A rede foi iniciada com 16 pontos e atualmente é composta por 23 poços de monitoramento localizados em 16 cidades diferentes do estado de Minas Gerais, dentre as mais importantes estão Ituiutaba, Uberlândia, Prata e Tupaciguara, porém durante o período considerado no presente relatório não se conseguiu estabelecer o monitoramento com regularidade.

A rede abrange 4 Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – UPGRH's- são elas: Alto Rio Paranaíba-PN1-, Rio Araguari –PN2-, Baixo Rio Paranaíba-PN3- e Baixo Rio Grande- GD8. Todos os poços se encontram em locais em que a litologia aflorante é o Grupo Bauru. A figura 5 ilustra a distribuição dos poços.

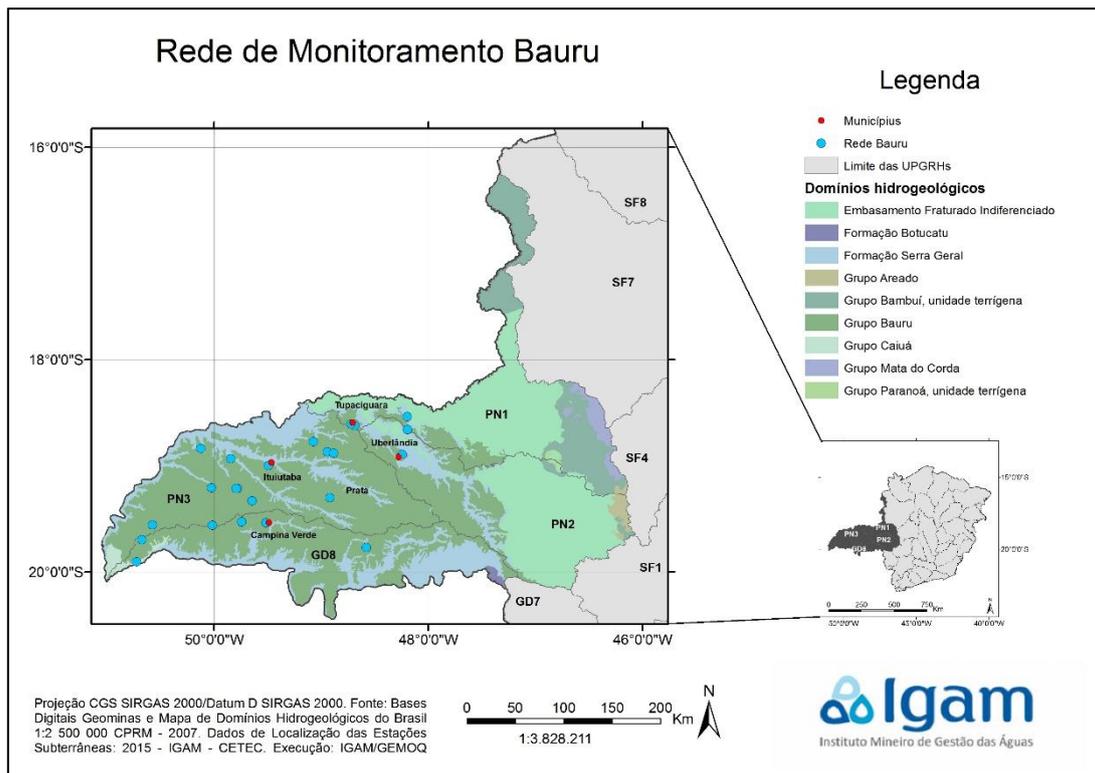


Figura 5. Mapa com os poços de monitoramento da Rede Bauru sobre os domínios geológicos aflorantes.

Tabela 5. Principais características dos poços da atual configuração da Rede de Monitoramento Bauru.

Ponto	Latitude	Longitude	Município	Localidade	Aquífero (principal)	Profundidade do poço (m)	Usos da água do poço
ARG-04	-18,659722	-48,191667	Araguari Centro	Sede - Av. Minas Gerais	Bauru	58	Monitoramento
ARG-05	-18,535000	-48,197222	Araguari	Distrito de Amanhece	Bauru	42	Monitoramento
CF-01	-19,770278	-48,578611	Campo Florido	Rua Iturama, 54	Bauru	54	Monitoramento
CNP-06	-18.772844	-49.072947	Canápolis	Vilarejo de Avantiguara	Bauru	50	Monitoramento
CV-07	-19,537236	-49,512336	Campina Verde	Escola Agrícola Adolfo Rezende	Bauru	60	Monitoramento
CV-08	-19,560000	-50,015667	Campina Verde	Honóropolis	Bauru	70	Monitoramento
GRNT-09	-19,211292	-49,780514	Gurinhata	Praça Paulo Santos	Bauru	60	Monitoramento
GRNT-15	-19.212466	-49.793538	Gurinhata	Pista de Pouso	Bauru	66	Monitoramento
ITB-10	-18.998744	-49.490331	Ituiutaba	Av. Jandiro Vilela de Freitas	Bauru	35	Monitoramento
LO-03	-19,555278	-50,574058	Limeira do Oeste	Av. Saudade, 200 Sede APAE	Bauru	53	Monitoramento
MA11	-18,869528	-48,941317	Monte Alegre	Monumento Retirantes da Laguna	Bauru	36	Monitoramento
MA-16	-18,881042	-48,885217	Monte Alegre	Rua Ebrantina Rosa Freitas s/nr.	Bauru	54	Monitoramento
PT-02	-19,300858	-48,917889	Prata	Rua Santa Catarina 949	Bauru	48	Monitoramento
TPCG-12	-18,621703	-48,685219	Tupaciguara	Estação de Tratamento de Água	Bauru	101	Monitoramento
TPCG-15	-18.607173	-48.719838	Tupaciguara	Distrito Industrial	Bauru	52	Monitoramento
UBL-13	-18.892607	-48.241487	Uberlândia	Praça da República	Bauru	82	Monitoramento

A rede Bauru é constituída por poços de monitoramento dedicados. As coletas de água subterrânea dessa rede foram realizadas pelo método de purga de baixa vazão utilizando-se equipamento de bombeamento apropriado que permite o acompanhamento da medição de parâmetros físico-químicos de forma concomitante. Por esse método a extração de água das formações geológicas se dá nos intervalos onde há a entrada de água no poço (intervalos da seção filtrante) com uma taxa fluxo constante, de forma a não propiciar que haja a perturbação da coluna d'água estagnada acima do ponto onde ocorre a coleta. Assim, procura-se minimizar o rebaixamento, a agitação e a mistura da água existente no interior do poço, reduzindo e controlando a turbidez da amostra. Para isso os parâmetros indicadores - pH, temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido, ORP ou Eh, OD e condutividade elétrica - são monitorados durante o bombeamento e a purga estará completa quando a medição de concentração desses parâmetros se estabiliza. A estabilização da concentração desses parâmetros indica que a água que entra no equipamento é representativa da formação, podendo-se então, proceder a coleta

3 • Parâmetros e Padrões

3.1 Parâmetros Monitorados

São monitorados mais de 70 parâmetros físico-químicos e biológicos nas águas subterrâneas. Para o tratamento dos dados obtidos, é feita uma seleção com base no seguinte: parâmetros usados para comparações com padrões legais, parâmetros utilizados no balanço iônico e, por fim, os parâmetros utilizados no tratamento estatístico dos resultados. Os principais parâmetros monitorados são listados abaixo.

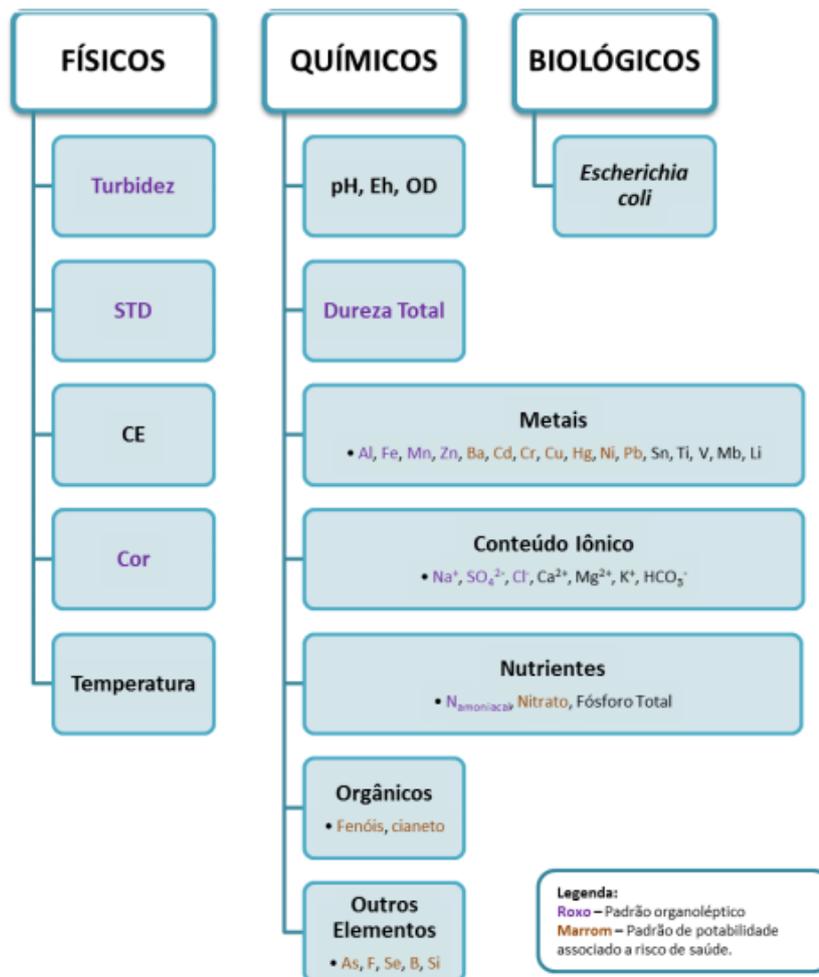


Figura 6. Principais parâmetros selecionados para as águas subterrâneas monitoradas no Estado.

Os parâmetros pH, Eh, CE (Condutividade Elétrica), STD (Sólidos Totais Dissolvidos), temperatura e OD (oxigênio dissolvido) são determinados em campo, imediatamente após a amostragem, em vista de sua alteração durante armazenamento. O restante dos parâmetros é determinado por meio de análises laboratoriais, que são executadas por laboratório terceirizado (Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC).

Os métodos de análise e limites de quantificação estão descritos na Tabela 6, de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Para o tratamento estatístico dos resultados, os critérios de seleção de parâmetros utilizados foram:

- Importância do parâmetro para a avaliação da qualidade geral da água subterrânea (considerando que o monitoramento é, predominantemente, de

caráter regional, por rede de monitoramento secundária, visando às tendências resultantes de modificações no uso do solo, variações climáticas, processos de recarga, fluxos e contaminação difusa).

- Seleção dos parâmetros essenciais ao balanço iônico – HCO₃⁻, CO₃²⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, Ca²⁺, Na⁺, Mg²⁺.
- Retirada de parâmetro com percentual elevado de dados faltantes (> 60%).
- Retirada de parâmetro constante da legislação e cujo percentual de violação em relação aos limites da legislação Resolução Conama nº 396/2008 e Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011 foi relativamente baixo (< 0,5%). Exceção para o pH, que se pretendeu analisar independentemente do atendimento à legislação.
- Retirada de parâmetro que apresenta alto nível de correlação, previamente conhecido, com outro parâmetro selecionado, confirmada por matriz de correlação de Spearman aplicadas aos respectivos resultados. Exceção para a CE – condutividade elétrica – e os STD – sólidos totais dissolvidos, para os quais se buscou verificar, por meio dos resultados, comportamentos similares.
- Havendo medição de um mesmo elemento/composto total e dissolvido, com exceção dos íons usados no balanço iônico, foram selecionadas as frações constantes da legislação ambiental.
- Viabilidade de comparação dos resultados obtidos com os limites estabelecidos.

Tabela 6. Método analítico – nome do método e respectiva norma de referência – e os limites de quantificação aplicados no decorrer do monitoramento, para cada parâmetro monitorado nas águas subterrâneas de Minas Gerais.

PARÂMETRO	MÉTODO ANALÍTICO		LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO	
	IDENTIFICAÇÃO	REFERÊNCIA	ATUAL	UNIDADE DE MEDIDA
Temperatura da água (campo)	Termometria	SM 2550 B	NA	°C
pH (campo)	Potenciometria	SM 5520 B	NA	adimensional
Condutividade elétrica (campo)	Conduímetria	SM 2510 B	NA	2005 e 2006: µmho/cm
				a partir de 2007: µS/cm
STD (campo)	Gravimetria	ABNT NBR 10664/1989	1	mg/L
Eh (campo)	Potenciometria	#	0,1	mV
Coliformes totais	Tubos Múltiplos	SM 9221 B	<2	NMP/100 mL
			>160.000	NMP/100 mL
Coliformes termotolerantes	Tubos Múltiplos	SM 9221 E	<2	NMP/100 mL
			>160.000	NMP/100 mL
Alcalinidade bicarbonato	Potenciometria	SM 2320 B	1,0	mg/L
Alcalinidade carbonato	Potenciometria	SM 2320 B	1,0	mg/L
Cloreto total	Espectrofotometria	USGS –I–1187 85	a partir de 2011: 0,50	mg/L
Condutividade elétrica - laboratório	Conduímetria	SM 2510 B	NA	2005 e 2006: µmho/cm, e a partir de 2007: µS/cm
Cor verdadeira	Colorimetria	SM 2120 B	a partir de 2011: 10	Upt
Dureza total	Titulometria	SM 2340 C	1,0	mg/L
Dureza Ca	Titulometria	SM 3500-Ca B	1,0	mg/L
Dureza Mg	Titulometria	SM 3500-Mg B	1,0	mg/L
Fenóis totais	Espectrofotometria	ABNT NBR 10740/1989	a partir de 2011: 0,002	mg/L
Fluoreto ionizado	Eletrometria – Eletrodo seletivo	SM 4500-F C	a partir de 2007: 0,10	mg/L
Fósforo total	Espectrofotometria	SM 4500-P B e E	a partir de 2011: 0,02	mg/L
Magnésio dissolvido	Espectrometria de emissão atômica por plasma	SM 3120 B	0,002	mg/L
Magnésio total	Espectrometria de emissão atômica por plasma	SM 3120 B	0,002	mg/L
Nitrato	Eletrometria – Eletrodo seletivo	SM 4500-NO3- D	a partir de 2011: 0,10	mg/L

Tabela 6. Método analítico – nome do método e respectiva norma de referência – e os limites de quantificação aplicados no decorrer do monitoramento, para cada parâmetro monitorado nas águas subterrâneas de Minas Gerais (continuação).

PARÂMETRO	MÉTODO ANALÍTICO		LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO	
	IDENTIFICAÇÃO	REFERÊNCIA	ATUAL	UNIDADE DE MEDIDA
Nitrito	Espectrofotometria	SM 4500-NO2- B	0,001	mg/L
Nitrogênio amoniacal total		ABNT NBR 10560/1988	0,10	mg/L
Nitrogênio orgânico		SM 4500-Norg B	0,10	mg/L
Óleos e graxas	Gravimetria	SM 5520 B	15	mg/L
pH laboratório	Potenciometria	SM 4500 H+ B	NA	adimensional
Sólidos dissolvidos a 180°C	Gravimetria	ABNT NBR 10664/1989	2	mg/L
Sulfato total	Turbidimetria	SM 4500-SO42- E	a partir de 2011: 5,0	mg/L
Sulfeto	Titulometria	SM 4500-S2- F	a partir de 2007: 0,5	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio	Eletrométrico	SM 5210 B	2	mg/L
Demanda Química de Oxigênio	Titulometria	ABNT NBR 10357/1988	5	mg/L
Turbidez	Turbidimetria	SM 2130 B	a partir de 2010: 0,5	NTU
Alumínio dissolvido	Espectrometria de emissão atômica por plasma	SM 3120 B	0,10	mg/L
Alumínio total		SM 3120 B	0,10	mg/L
Arsênio total	Espectrometria de absorção atômica com gerador de hidretos	SM 3114 B	0,0003	mg/L
Bário total	Espectrometria de emissão atômica por plasma	SM 3120 B	0,005	mg/L
Boro total		SM 3120 B	0,07	mg/L
Cádmio total		SM 3125 B	0,0005	mg/L
Cálcio dissolvido		SM 3120 B	0,03	mg/L
Cálcio total		SM 3120 B	0,03	mg/L

Tabela 6. Método analítico – nome do método e respectiva norma de referência – e os limites de quantificação aplicados no decorrer do monitoramento, para cada parâmetro monitorado nas águas subterrâneas de Minas Gerais (continuação).

PARÂMETRO	MÉTODO ANALÍTICO		LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO	
	IDENTIFICAÇÃO	REFERÊNCIA	ATUAL	UNIDADE DE MEDIDA
Chumbo total	Espectrometria de emissão atômica por plasma	SM 3125 B	0,005	mg/L
Cobre dissolvido		SM 3120 B	0,004	mg/L
Cobre total		SM 3120 B	0,004	mg/L
Cromo total		SM 3120 B	0,04	mg/L
Estrôncio		SM 3120 B	0,005	mg/L
Ferro dissolvido		SM 3120 B	0,03	mg/L
Ferro total		SM 3120 B	0,03	mg/L
Lítio		SM 3120 B	0,005	mg/L
Manganês dissolvido		SM 3120 B	0,003	mg/L
Manganês total		SM 3120 B	0,003	mg/L
Mercúrio total		SM 3112 B	0,0002	µg/L
Níquel total		SM 3125 B	0,004	mg/L
Potássio dissolvido		SM 3120 B	0,09	mg/L
Potássio Total		SM 3120 B	0,09	mg/L
Selênio total	Espectrometria de absorção atômica com gerador de hidretos	SM 3114 B	0,0005	mg/L
Silício dissolvido	Espectrometria de emissão atômica por plasma	SM 3120 B	0,05	mg/L
Sódio dissolvido		SM 3120 B	0,50	mg/L
Sódio total		SM 3120 B	0,50	mg/L
Zinco total		SM 3120 B	0,02	mg/L
Agrotóxicos: Aldrin + Dieldrin, Atrazina, Clordano(cis + trans), DDT, Endossulfan(alfa + beta), Endrin, Heptacloro + heptacloroepóxido, Hexaclorobenzeno, Lindano, Metoxicloro, Molinato, Pentaclorofenol, Permetrina(cis + trans), Simazina, 2,4,6 triclorofenol, Trifluoralina	Cromatografia a gás	SM 6410	0,01	µg/L

3.2 Padrões

Em relação aos padrões ou limites estabelecidos, foram adotados os valores da Resolução Conama 396/2008 e da Portaria de Potabilidade do Ministério da Saúde – nº 2914/2011, conjuntamente, considerando assim os limites para consumo humano, dessedentação animal, irrigação e recreação.

A Resolução Conama 396/2008 dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências, enquanto a Portaria de Potabilidade do Ministério da Saúde – nº 2914/2011 dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Os limites para cada parâmetro disposto na Resolução e na Portaria são expressos na Tabela 7.

Tabela 7. Valores Máximos Permitidos para os parâmetros de acordo com a Resolução Conama 396/2008 e com a Portaria de Potabilidade do Ministério da Saúde nº 2914/2011.

PADRÕES					
	Resolução Conama 396-2008				Portaria 2914-2011
	Consumo humano	Dessedentação animal	Irrigação	Recreação	Consumo humano
	mg/L				
pH (campo)					6 a 9,5
Sólidos Totais Dissolvidos - STD (campo)	1000				1000
Coliformes totais					Ausência em 100mL
Coliformes termotolerantes	Ausência em 100mL				
Cloreto total	250		700	400	250
Cor verdadeira					15
Dureza total					500
Fenóis totais	0,003	0,002		0,002	
Fluoreto ionizado	1,5	2	1		1,5
Nitrato	10	90		10	10
Nitrito	1	10	1	1	1
Nitrogênio amoniacal total					1,5
Sulfato total	250	1000		400	250
Sulfeto					0,1
Turbidez					5
Alumínio total	0,2	5	5	0,2	0,2
Arsênio total	0,01	0,2		0,05	0,01
Bário total	0,7			1	0,7
Boro total	0,5	5	0,5	1	
Cádmio total	0,005	0,05	0,01	0,005	0,005
Chumbo total	0,01	0,1	5	0,05	0,01
Cobre total	2	0,5	0,2	1	2
Cromo total	0,05	1	0,1	0,05	0,05
Ferro total	0,3		5	0,3	0,3
Lítio			2,5		
Manganês total	0,1	0,05	0,2	0,1	0,1
Mercúrio total	1	10	2	1	1
Níquel total	0,02	1	0,2	0,1	0,07
Selênio total	0,01	0,05	0,02	0,01	0,01
Sódio total	200			300	200
Zinco total	5	24	2	5	5
Vanádio Total	0,05	0,1	0,1		

Tabela 7. Valores Máximos Permitidos para os parâmetros de acordo com a Resolução Conama 396/2008 e com a Portaria de Potabilidade do Ministério da Saúde nº 2914/2011 (continuação).

PADRÕES					
	Resolução Conama 396-2008				Portaria 2914-2011
	Consumo humano	Dessedentação animal	Irrigação	Recreação	Consumo humano
	mg/L µg.L-1				
Agrotóxicos					
2,4-D	30			100	
Alaclor	20			3	
Aldicarb	10	11	54,9		
Aldicarb Sulfona	10	11	54,9		
Audicarb Sulfóxido	10	11	54,9		
Aldrin + Dieldrin	0			1	
Atrazina	2	5	10		
Bentazona	300			400	
Carbófurano	7	45		30	
Clordano (cis e trans)	0			6	
Clorotalonil	30	170	5,8		
Clorpirifós	30	24		2	
Endrin	1			1	
Glifosato + AMPA	500	200		200	
Heptacloro e Heptacloro Epóxido			3		
Hexaclorobenzeno	1	1			
Lindano (g-HCH)	2	4		10	
Malation	190				
Metolacloro	10	50	28	800	
Metoxicloro	20				
Molinato	6			1	
p,p'-DDT + p,p'-DDD + p,p'-DDE	2			3	
Pendimetalina	20			600	
Pentaclorofenol	9			10	
Permetrina	20			300	
Propanil	20			1000	
Simazina	2				
Trifluralina	20			500	

4 • Avaliação da Qualidade das Águas Subterrâneas

4.1 Qualidade nas Sub-Bacias SF6, SF9 e SF10 (Rede de Monitoramento Norte de Minas)

O presente relatório apresenta os resultados do monitoramento da qualidade das águas subterrâneas para o período dos anos hidrológicos de 2015 a 2017, realizado em 60 poços de monitoramentos, sendo 19 na SF6, 4 na SF9 e 37 na SF10. Para o monitoramento da mesorregião Norte de Minas, no período em questão, foram executadas 7 campanhas semestrais, totalizando mais de 21.000 resultados.

Um resumo da qualidade hidroquímica das águas subterrâneas nesta região é mostrado a partir da estatística descritiva aplicada aos resultados do monitoramento (Tabela 8). São apresentados, para cada parâmetro selecionado previamente

(conforme item “Parâmetros Monitorados”): as concentrações mínimas e máximas, a mediana, além da média aritmética, desvio padrão, percentual de dados faltantes e de dados¹ censurados¹.

¹ Correspondem às medições que apresentaram valores abaixo do limite de detecção do instrumento analítico utilizado.

Tabela 8. Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas – estatística descritiva – para a Rede de Monitoramento Norte de Minas (Sub-bacias SF6, SF9 e SF10).

Variável	Nº de Dados	Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio Padrão	% dados faltantes	% dados censurados
pH	385	4,9	7,2	9,6	7,2	0,6	8,3	0
Condutividade Elétrica - CE ($\mu\text{S/cm}$)	385	21,5	671	4050	802	541	8,3	0
Sólidos Totais Dissolvidos in loco-STD (mg/L)	385	0	347	2000	451	395	8,3	0
Alcalinidade de bicarbonato (mg/L CaCO_3)	385	11,1	272,0	477,0	261,4	90,5	8,3	0
Arsênio (mg/L As)	165	0,0011	0,0023	0,0202	0,0030	0,0026	8,3	52,4
Boro (mg/L B)	35	0,08	0,19	1,05	0,42	0,35	8,3	83,3
Cloreto Total (mg/L Cl-)	353	0,50	29,70	716,00	70,16	107,69	8,3	7,6
Dureza Total (mg/L CaCO_3)	385	7,1	300,0	1179,0	328,5	208,9	8,3	0
Fenóis (mg/L)	3	0,003	0,004	0,004	0,004	0,001	8,3	91
Fluoreto (mg/L F-)	274	0,10	0,21	6,15	0,44	0,84	8,3	26,4
Fósforo Total (mg/L P)	115	0,02	0,04	0,20	0,06	0,04	8,3	64,3
Magnésio dissolvido (mg/L Mg^{2+})	385	0,440	10,200	65,000	15,420	13,890	8,3	0
Nitrato (mg/L NO_3^-)	375	0,07	1,26	61,10	2,79	4,70	8,3	2,4
Sulfato total (mg/L SO_4^{2-})	268	5,0	26,2	701,0	66,4	97,6	8,3	27,9
Turbidez (NTU)	193	0,5	1,2	85,8	4,4	9,6	8,3	45,7
Alumínio Total (mg/L Al)	193	0,04	0,13	1,85	0,16	0,17	8,3	45,7
Bário (mg/L Ba)	365	0,006	0,051	1,580	0,096	0,181	8,3	4,8
Cálcio Dissolvido (mg/L Ca^{2+})	385	0,71	103,00	362,68	105,67	65,31	8,3	0
Cobre Total (mg/L Cu)	19	0,005	0,006	0,046	0,014	0,012	8,3	87,1
Ferro Total (mg/L Fe)	345	0,03	0,14	6,64	0,39	0,80	8,3	9,5
Manganês Total (mg/L Mn)	265	0,003	0,040	0,660	0,090	0,117	8,3	28,6
Níquel (mg/L Ni)	218	0,004	0,010	0,069	0,014	0,012	8,3	39,8
Potássio dissolvido (mg/L K^+)	385	0,42	1,90	25,45	3,33	4,40	8,3	0
Selênio (mg/L Se)	95	0,0020	0,0046	0,0183	0,0058	0,0038	8,3	69
Sódio total (mg/L Na)	385	0,41	20,90	379,00	40,69	49,74	8,3	0
Zinco (mg/L)	181	0,02	0,06	5,99	0,18	0,53	8,3	48,6

As principais características observadas e que predominam para as águas subterrâneas da rede são:

- Dureza elevada, com 43% das amostras sendo classificadas como águas muito duras e 42% como águas duras. Considerando-se um dos critérios de classificação mais utilizados, em que as águas muito duras são aquelas com concentrações superiores a 300 mg/L de carbonato de cálcio (CaCO₃), as águas duras estão compreendidas na faixa entre 150 e 300 mg/L de CaCO₃, as águas moderadamente duras estão abaixo de 150 e acima de 50 mg/L CaCO₃ e em que as águas brandas são aquelas com concentração de CaCO₃ inferior ou igual a 50 mg/L.

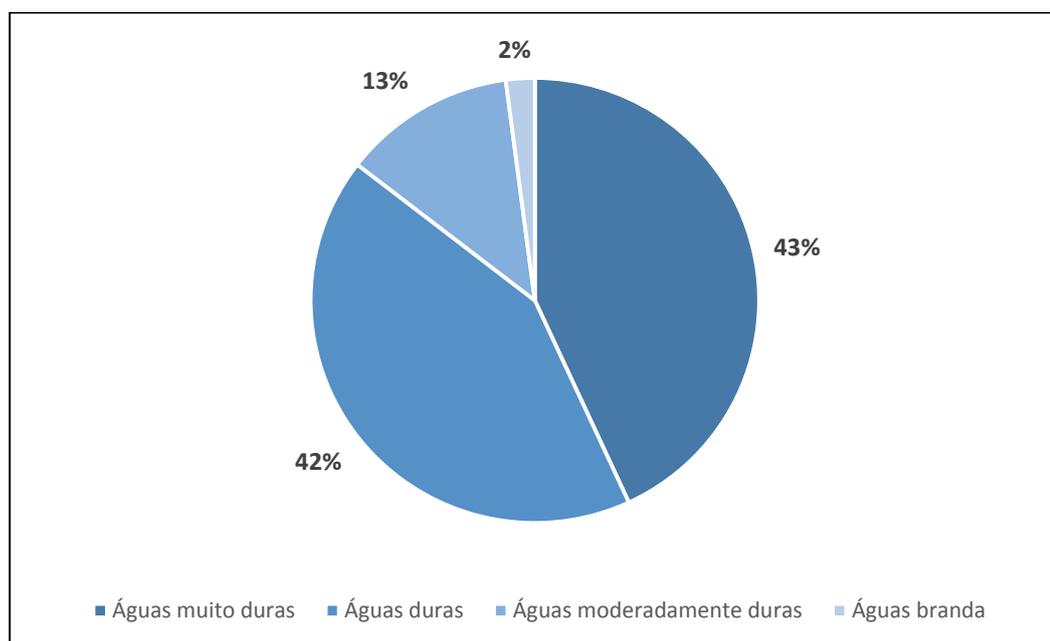


Figura 7. Percentuais das águas classificadas de acordo com o grau relativo de dureza para a Rede de Monitoramento Norte de Minas (Sub-bacias SF6, SF9 e SF10).

- Águas variando de ácidas a alcalinas, com predominância de águas com caráter neutro (pH entre 6,5 e 7,5), que representam 69,87% das medições realizadas.
- E salinidade, em geral, tolerável, com um valor médio de condutividade elétrica de 802 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a mediana correspondendo a 671 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 90% das medições apresentando valores abaixo de 15007 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Os valores calculados para a Razão de adsorção de Sódio (RAS), que avalia a concentração de sódio em relação ao cálcio e magnésio, apresentaram-se todos abaixo de 13,0 sendo classificados como uma razão baixa.

A classificação das águas, em relação aos íons dominantes, foi feita a partir de diagrama de Piper, apresentado na Figura 8, e os resultados dessa classificação são apresentados na Tabela 9. O diagrama mostra que a maioria das águas são do tipo bicarbonatadas cálcicas (83% dos poços) seguidas das bicarbonatadas sódicas (8%) e das bicarbonatadas mistas (6%). As águas cálcicas mistas (1%) e cloretadas mistas (1%) completam a classificação. A sequência mais frequente é $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} > \text{Ca}^{2+} > \text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{SO}_4^{2-} > \text{Mg}^{2+}$.

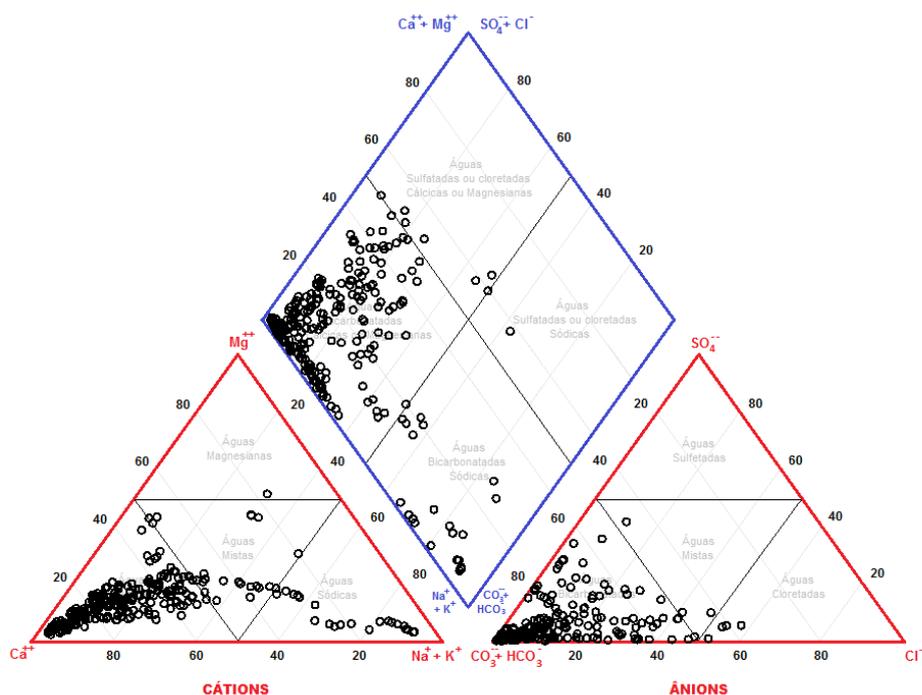


Figura 8 Diagrama trilinear de Piper para as medianas das concentrações iônicas nos poços monitorados nas sub-bacias SF6, SF9 e SF10, no período de 2015 à 2017.

Tabela 9. Distribuição das classes de águas obtidas pelo diagrama trilinear de Piper nos poços monitorados nas sub-bacias SF6, SF9 e SF10.

Classe das Águas	Nº	%	Classes das Águas	Nº	%
Sódicas	22	8,2	Cloretadas	4	1,5
Cálcicas	225	84,0	Bicarbonatadas	261	97,4
Magnesianas	1	0,4	Sulfatadas	0	0,0
Mistas (Cátions)	20	7,4	Mistas (ânions)	3	1,1

Classe das Águas	Nº	%	Classes das Águas	Nº	%
Sódicas Cloretadas	0	0,0	Magnesianas Cloretadas	0	0,0
Sódicas Bicarbonatadas	21	7,8	Magnesianas Bicarbonatadas	1	0,4
Sódicas Sulfatadas	0	0,0	Magnesianas Sulfatadas	0	0,0
Sódicas Mistas	1	0,4	Magnesianas Mistas	0	0,0
Cálcicas Cloretadas	1	0,4	Cloretadas Mistas	3	1,1
Cálcicas Bicarbonatadas	222	82,8	Bicarbonatadas Mistas	17	6,3
Cálcicas Sulfatadas	0	0,0	Sulfatadas Mistas	0	0,0
Cálcicas Mistas	2	0,8	Mistas	0	0,0

4.2 Atendimento a Limites estabelecidos para Diferentes Usos das Águas Subterrâneas nas Sub-Bacias SF6, SF9 e S10

Considerando os valores adotados da Resolução Conama 396/2008 e da Portaria de Potabilidade do Ministério da Saúde – nº 2914/2011, são apresentados, no gráfico abaixo, as frequências percentuais de violações aos padrões, por parâmetro, para cada tipo de uso (Figura 9).

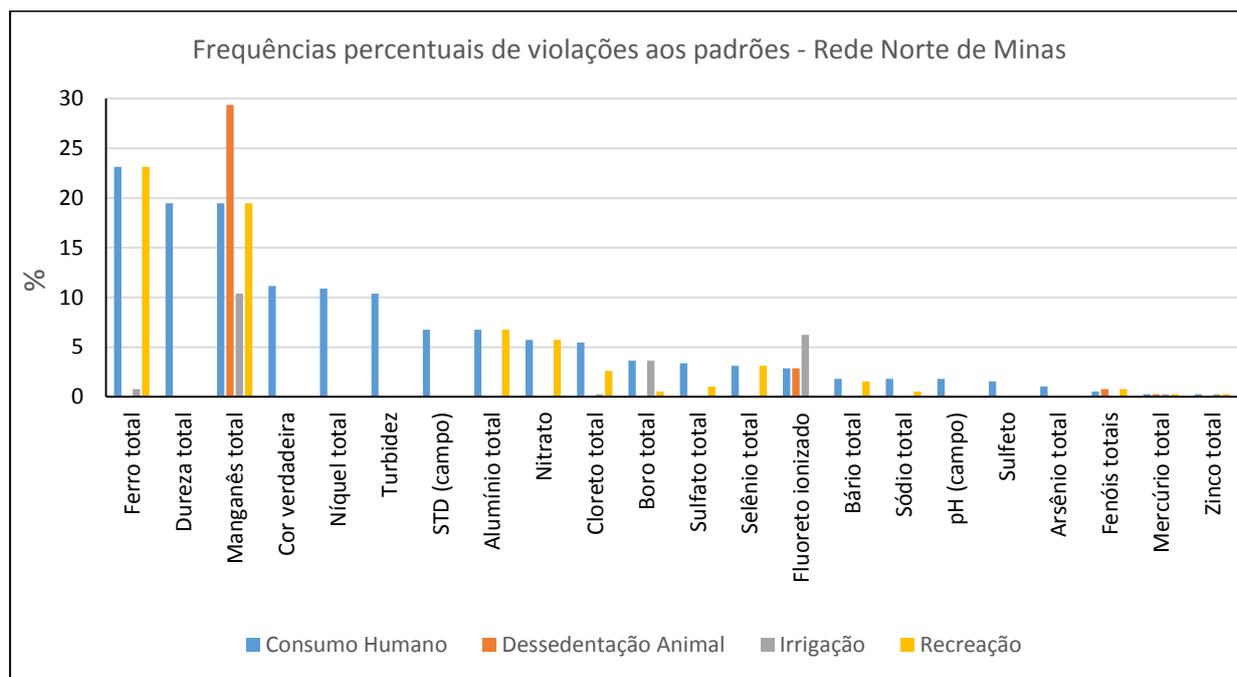


Figura 9. Frequência percentual de violação aos padrões para diferentes usos, para a Rede de Monitoramento Norte de Minas (Sub-bacias SF6, SF9 e SF10).

Dentre os padrões organolépticos, apresentaram violações aos limites estabelecidos: Ferro, Dureza Total, Manganês, Cor, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Alumínio, Cloreto, Sódio e Zinco. Em relação aos parâmetros associados a risco à saúde humana os parâmetros que apresentaram violações foram: Níquel, Boro, Bário, Arsênio, Fenóis e Mercúrio.

Na Figura 10, são mostrados os percentuais de violação aos padrões de consumo humano, em relação ao total de medições realizadas para cada poço, tanto em relação aos padrões associados a risco à saúde humana, quanto para os padrões organolépticos, associados a gosto e odor.

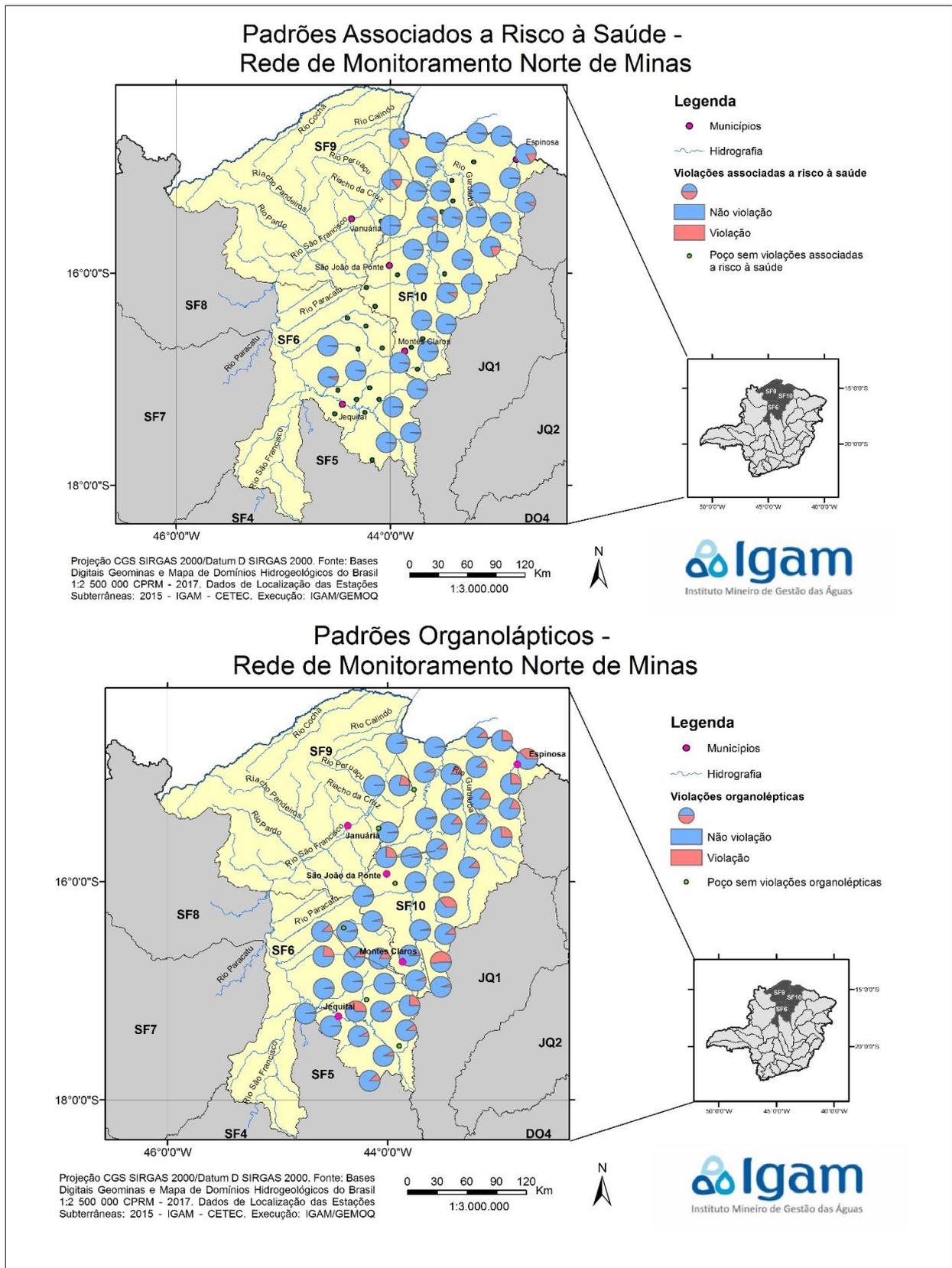


Figura 10. Percentuais de ocorrência de violação em relação ao total de medições realizadas, para cada poço da Rede Norte de Minas, frente aos parâmetros da água para consumo humano: (a) padrões associados a risco à saúde e (b) padrões organolépticos (que alteram sabor ou odor da água).

É observado que, apesar de grande parte dos poços apresentarem violações aos limites estabelecidos (35 dos 60 poços da rede), na maior parte desses a porcentagem de ocorrência de violações dos padrões associados ao risco à saúde é relativamente baixa em comparação com o número total de análises realizadas nas águas de cada poço, chegando a no máximo a 19,8% (Figura 10-a). Porém como grande parte desses poços são utilizados para consumo humano, e apenas uma parcela é submetida a tratamentos nas estações (ETA's) dos municípios, é exigível, nos casos em que não haja o tratamento prévio das águas, algumas restrições de uso ou mesmo vedação do consumo das mesmas.

Já em relação aos padrões organolépticos, é observado que um maior número de poços apresenta violações (51 dos 60 poços da rede) e que a porcentagem de ocorrência de violações destes padrões em comparação com o número total de análises realizadas nas águas de cada poço, é também, em geral, mais elevada, chegando a 51,9% para o poço JR001, por exemplo (Figura 10-b).

Na tabela e na figura abaixo são especificados os parâmetros que apresentaram violações em cada um dos poços, para o consumo humano.

Tabela 10. Relação de pontos que apresentaram violações em relação aos padrões, para consumo humano, para a Rede Norte de Minas.

Município	Estação	Parâmetros Violados	Município	Estação	Parâmetros Violados
Bocaiúva	BC001	Cloreto, Cor Verdadeira, Dureza total, Ferro total, Níquel total, STD, Turbidez	Jequitaiá	JQ003	Alumínio total
Bocaiúva	BC003	Níquel total	Juramento	JR001	Alumínio total, Cor verdadeira, Dureza total, Ferro total, Manganês total, Níquel total, Sulfato, Turbidez
Capitão Enéias	CE001	Níquel total	Lagoa dos Patos	LP001	Alumínio, Ferro total, Nitrato
Coração de Jesus	CJ004	Alumínio total, Dureza total, Ferro total, Manganês total, Níquel total, Sulfato, Turbidez	Monte Azul	MA001	Cloreto, Dureza total, Manganês total, Níquel Nitrato, STD
Coração de Jesus	CJ005	Alumínio total, Ferro total, Manganês total, Turbidez	Monte Azul	MA003	Alumínio total, Cor verdadeira, Dureza total, Ferro total, Manganês total, Níquel total
Coração de Jesus	CJ006	Alumínio total, Ferro total	Montes Claros	MC002	Alumínio total, Cloreto, Cor verdadeira, Ferro total, Mercúrio, Nitrato, Turbidez
Engenheiro Navarro	EN001	Cor verdadeira, Ferro Total	Montes Claros	MC003	Cloreto, Ferro total, Turbidez
Espinosa	EP001	Cloreto, Cor verdadeira, Dureza total, Ferro total, Níquel total, Nitrato, Selênio, Sódio total, STD	Montes Claros	MC004	Ferro total
Espinosa	EP004	Cloreto, Dureza total, Níquel total, Nitrato	Montes Claros	MC005	Alumínio total, Cloreto, Cor verdadeira, , Ferro total, Turbidez

Tabela 10. Relação de pontos que apresentaram violações em relação aos padrões, para consumo humano, para a Rede Norte de Minas (continuação).

Espinososa	EP006	Cloreto, Cor verdadeira, Dureza total, Ferro total, Manganês total, Níquel total, STD	Montes Claros	MC006	Ferro total, Turbidez
Francisco Dumont	FD001	Ferro total, Turbidez	Mirabela	MR001	Alumínio total, Cloreto, Ferro total
Francisco Dumont	FD002	Ferro total, Manganês total	Mirabela	MR002	Alumínio total, Turbidez
Francisco Sá	FS002	Cor verdadeira, Manganês total, Turbidez	Matias Cardoso	MTC001	Cor verdadeira, Ferro total, Níquel total, Turbidez
Francisco Sá	FS003	Dureza total, Manganês total, Níquel total	Matias Cardoso	MTC002	Alumínio total, Boro total, Fluoreto, Sódio total
Francisco Sá	FS004	Alumínio total, Cor verdadeira, Dureza total, Ferro total, Manganês total, Níquel total, Selênio, STD, Sulfato, Turbidez	Matias Cardoso	MTC006	Ferro total, Níquel total
Francisco Sá	FS007	Dureza total, Níquel total	Pai Pedro	PP001	Alumínio total, Bário total, Cloreto, Dureza total, Ferro total, Manganês total, Níquel total, Nitrato, Selênio total, STD
Gameleiras	GM001	Cor verdadeira, Ferro total, Manganês total, Turbidez	Pai Pedro	PP002	Alumínio total, Ferro total, Manganês total, Níquel total, Turbidez
Jaíba	JB003	Boro, Cor verdadeira, Fluoreto, Níquel total	Riacho dos Machados	RM001	Ferro total
Jaíba	JB007	Cor verdadeira, Ferro total, Níquel total, Turbidez	São João da Ponte	SP001	Alumínio total, Ferro total, Níquel total
Jaíba	JB008	Níquel total	São João da Ponte	SP002	Dureza total, Níquel total
Jaíba	JB020	Cor verdadeira, Ferro total, manganês total, Turbidez	Verdelândia	VD001	Alumínio total, Níquel total, Turbidez
Jaíba	JB021	Turbidez	Verdelândia	VD003	Cloreto, Dureza total, Manganês total, Níquel total, Nitrato, Selênio, STD, Sulfato
Joaquim Felício	JF001	Ferro total, Manganês total	Verdelândia	VD013	Dureza total, Ferro total
Joaquim Felício	JF002	Alumínio total, Ferro total, Níquel total, Turbidez	Verdelândia	VD014	Cor verdadeira, Dureza total, Níquel total, STD
Janaúba	JN001	Dureza total, Manganês total, Níquel total, Sulfato	Verdelândia	VD020	Alumínio total, Cloreto, Dureza total, Ferro total, Níquel total, STD, Zinco total
Jequitaiá	JQ001	Cor verdadeira, Ferro total, Manganês total, Turbidez	Verdelândia	VD022	Cor verdadeira, Ferro total, Manganês total, Nitrato
Jequitaiá	JQ002	Alumínio total e Manganês total	Varzelândia	VZ006	Alumínio total, Níquel total

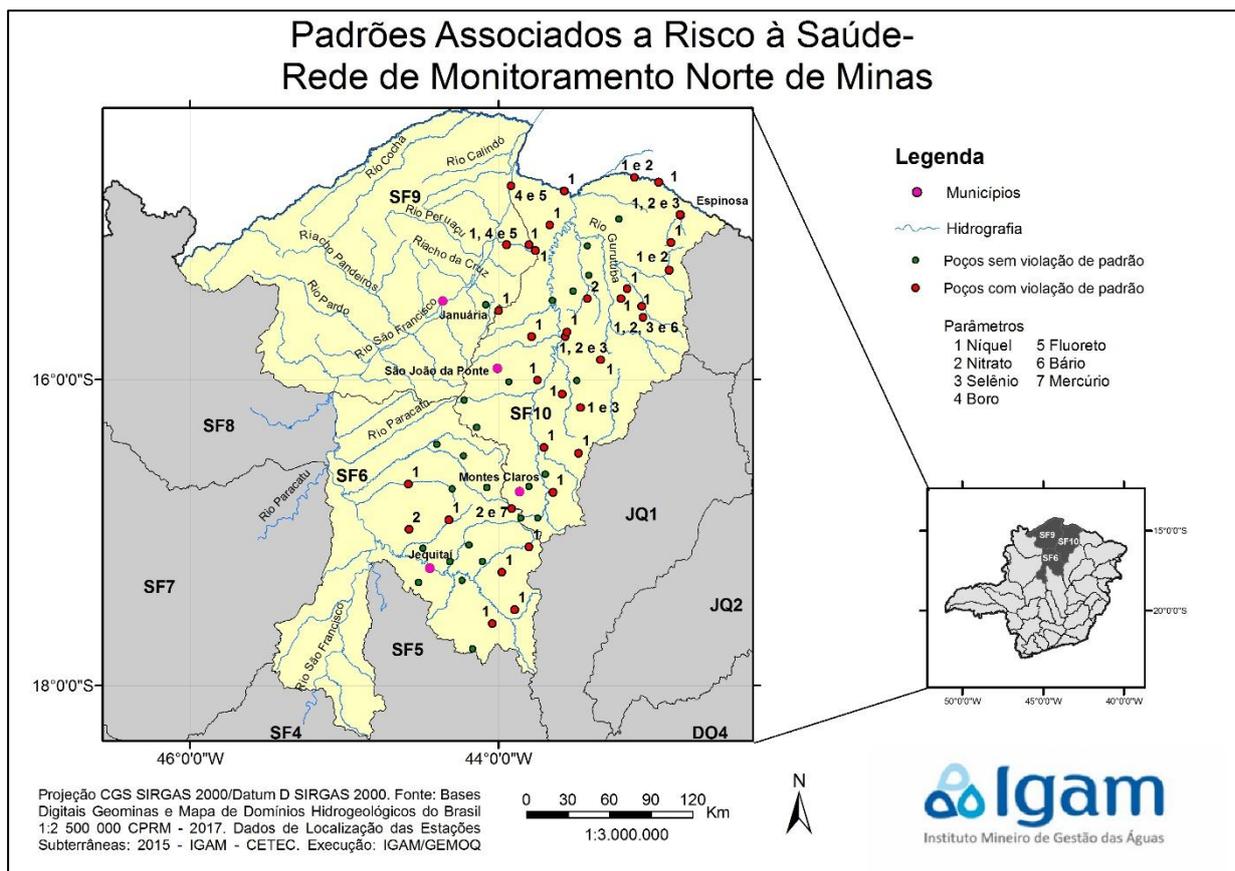


Figura 11. Ocorrência de violação de padrões legais associados a risco à saúde, especificados os padrões, por poço da atual configuração da Rede Norte de Minas.

4.3 Qualidade na Sub-Bacia SF5 (Rede da Bacia do Rio das Velhas)

Para o período de amostragem considerado no presente relatório, foram realizadas, para a Rede da Bacia do Rio das Velhas, 4 campanhas semestrais, com início no segundo semestre de 2015, que totalizaram mais de 6.000 resultados.

Os resultados de qualidade das águas subterrâneas obtidos nos 38 pontos monitorados nessa bacia apontam como principais características:

- Águas, em geral, duras, com valores para Alcalinidade de Bicarbonato (mg/L CaCO_3) apresentando uma média de 160,6 mg/L e com 53% sendo classificadas como duras.

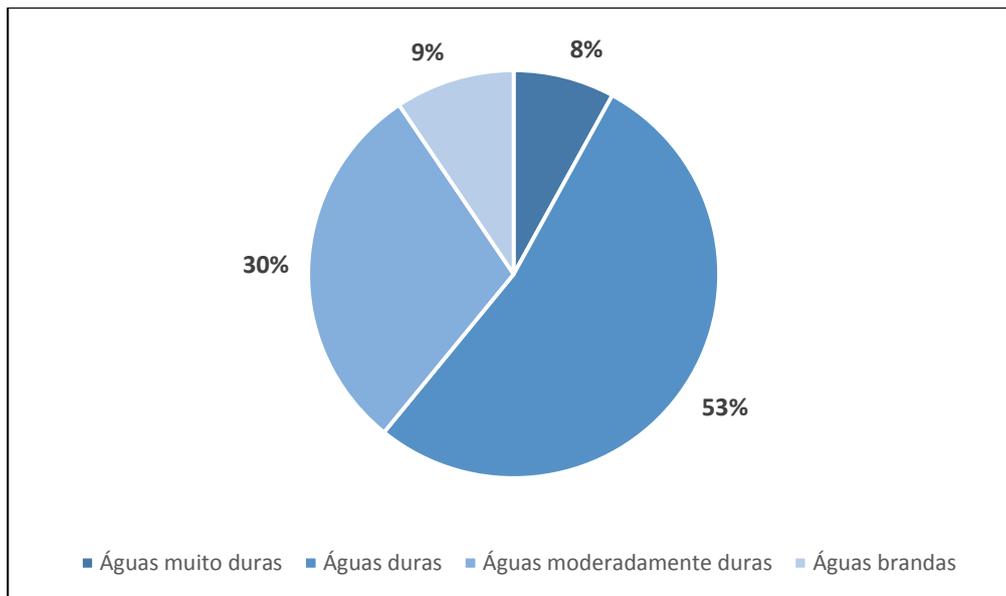


Figura 12. Percentuais das águas classificadas de acordo com o grau relativo de dureza para a Rede de Monitoramento Bacia do Rio das Velhas.

- Valores de pH medidos em campo variando de 5,9 a 8,9, ou seja, com águas variando de alcalinas a ácidas, mas com um valor médio de 7,32 e com maioria sendo classificadas como neutras (69,57% dos valores entre 6,5 e 7,5).
- E salinidade tolerável, com 100% dos poços monitorados apresentando valores de condutividade elétrica menores 1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A classificação das águas, com relação aos íons dominantes, foi feita a partir de diagrama de Piper, apresentado na Figura 13 e os resultados dessa classificação são apresentados na Tabela 11. O diagrama mostra que a maioria das águas são do tipo bicarbonatadas cálcicas (75% dos poços) seguidas das bicarbonatadas mistas (14%) e das bicarbonatadas sódicas (10%). A sequência mais frequente de distribuição dos íons é: $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} > \text{Ca}^{2+} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$.

Tabela 12. Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas – estatística descritiva – para a Rede de Monitoramento Bacia do Rio das Velhas.

Variável	Nº de Dados	Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio Padrão	% dados faltantes	% dados censurados
pH	138	5,9	7,3	8,9	7,3	0,5	8,0	0,0
Condutividade Elétrica - CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	138	29	339	712	328	155	8,0	0,0
Sólidos Totais Dissolvidos in loco -STD (mg/L)	33	0	300	600	297	149	78,0	0,0
Alcalinidade de bicarbonato (mg/L CaCO_3)	138	10,5	165,0	412,0	160,6	79,3	8,0	0,0
Arsênio (mg/L As)	33	0,0011	0,0016	0,0241	0,0032	0,0045	8,0	70,0
Boro (mg/L B)	6	0,19	0,30	0,58	0,34	0,17	8,0	88,0
Cloreto Total (mg/L Cl-)	80	0,53	2,72	34,00	5,09	6,30	8,0	38,7
Dureza Total (mg/L CaCO_3)	138	6,4	155,0	393,0	142,3	79,8	8,0	0,0
Fenóis (mg/L)	2	0,002	0,003	0,003	0,003	0,001	9,3	90,0
Fluoreto (mg/L F-)	71	0,10	0,20	1,29	0,36	0,32	8,0	44,7
Fósforo Total (mg/L P)	92	0,02	0,05	0,65	0,07	0,08	8,0	46,0
Magnésio dissolvido (mg/L Mg^{2+})	138	0,426	4,300	17,410	5,000	3,443	8,0	0,0
Nitrato (mg/L NO_3^-)	114	0,10	0,47	4,53	0,77	0,87	8,0	16,0
Sulfato total (mg/L SO_4^{2-})	36	5,0	18,1	34,8	17,0	10,3	8,0	68,0
Turbidez (NTU)	49	0,5	2,1	35,8	4,3	6,6	8,0	59,3
Alumínio Total (mg/L Al)	44	0,02	0,09	0,79	0,12	0,12	8,0	62,7
Bário (mg/L Ba)	118	0,006	0,021	0,211	0,032	0,036	8,0	13,3
Cálcio Dissolvido (mg/L Ca^{2+})	138	1,85	55,10	134,49	50,61	32,30	8,0	0,0
Cobre Total (mg/L Cu)	12	0,005	0,021	0,107	0,029	0,030	8,0	84,0
Ferro Total (mg/L Fe)	114	0,03	0,10	4,58	0,29	0,62	8,0	16,0
Manganês Total (mg/L Mn)	49	0,003	0,041	4,146	0,221	0,627	8,0	59,3
Níquel (mg/L Ni)	52	0,005	0,011	0,027	0,011	0,005	8,0	57,3
Potássio dissolvido (mg/L K^+)	138	0,16	0,70	3,63	0,94	0,72	8,0	0,0
Sódio total (mg/L Na)	138	0,14	4,00	126,33	11,03	21,77	8,0	0,0
Zinco (mg/L)	35	0,23	0,06	0,63	0,12	0,14	8,0	68,7

4.4 Atendimento a Limites estabelecidos para Diferentes Usos das Águas Subterrâneas na Sub-Bacia SF5 (Rede da Bacia do Rio das Velhas)

Para a Rede da Bacia do Rio das Velhas, as frequências percentuais de violações aos padrões, por parâmetro, para os diferentes usos são apresentadas no gráfico abaixo (Figura 14).

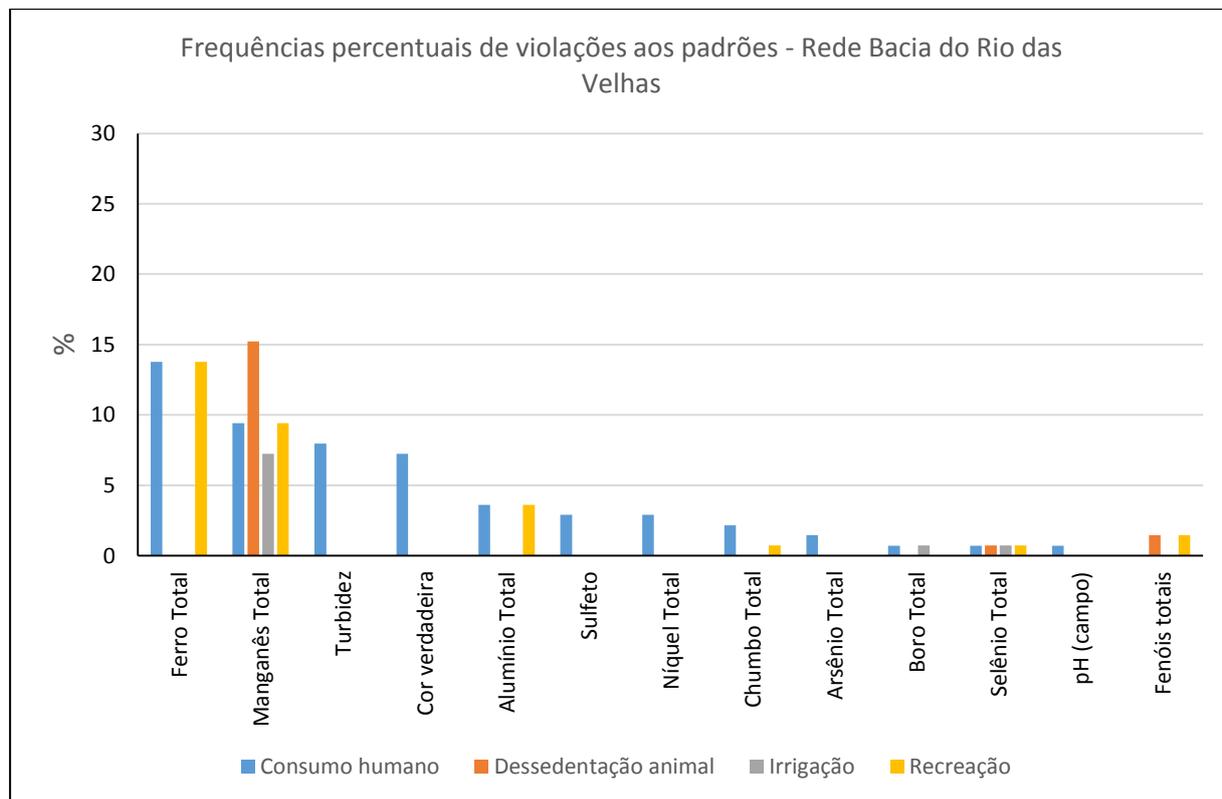


Figura 14. Frequência percentual de violação aos padrões para diferentes usos, para a Rede Bacia do Rio das Velhas.

Os padrões organolépticos que apresentaram violações aos limites estabelecidos foram: Ferro, Turbidez, Cor, Manganês e Alumínio. Em relação aos parâmetros associados ao risco à saúde humana os parâmetros que apresentaram violações foram: Chumbo, Arsênio, Boro, Níquel e Selênio.

Na Figura 15 são mostrados os percentuais de violação aos padrões de consumo humano, em relação ao total de medições realizadas em cada poço, tanto em relação aos padrões associados a risco à saúde humana, quanto para os padrões organolépticos.

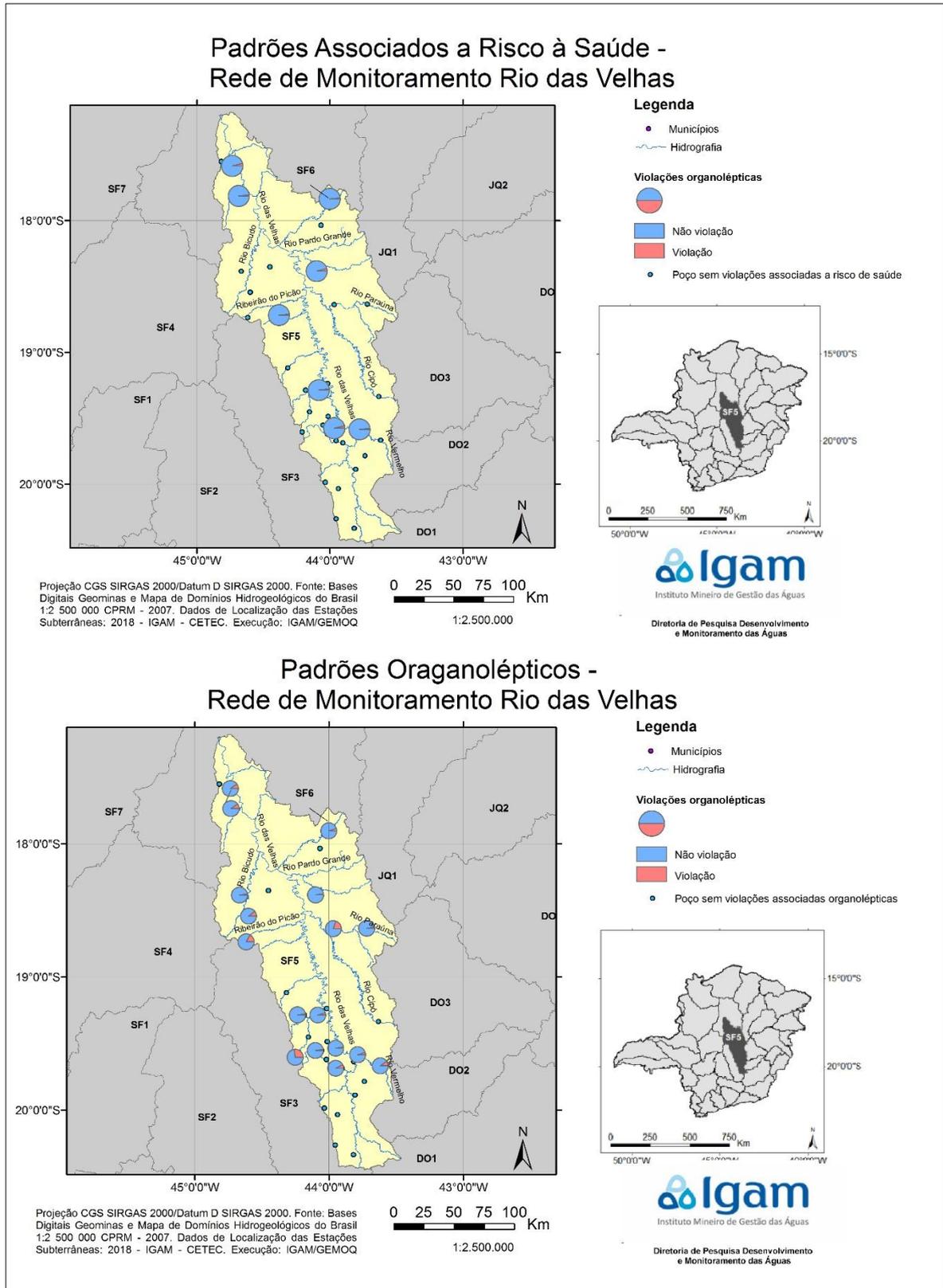


Figura 15. Percentuais de ocorrência de violação em relação ao total de medições realizadas, para cada poço da Rede Bacia do Rio das Velhas, frente aos parâmetros da água para consumo humano: (a) padrões associados a risco à saúde e (b) padrões organolépticos (que alteram sabor ou odor).

Observa-se que apenas 8 dos 38 poços da rede apresentaram violações aos padrões associados a risco à saúde, e mesmo nestes a frequência de violações é muito baixa, chegando no máximo a 4%. Em relação aos padrões organolépticos, uma maior parcela dos poços apresenta violações aos limites estabelecidos, mas também com frequências percentuais baixas, o poço CBCSL apresentou um percentual mais elevado que os outros com 11 violações e um percentual de 26,8%.

Ressalta-se que mesmo com os baixos percentuais é necessário um rigoroso acompanhamento e verificação de que haja um tratamento adequado para essas águas visto que muitas dessas são utilizadas para consumo humano.

Na Tabela 13 e na Figura 16 são especificados os parâmetros que apresentaram violações em cada um dos poços.

Tabela 13. Relação de pontos que apresentaram violações em relação aos padrões, para consumo humano, para a Rede da Bacia do Rio das Velhas

Município	Estação	Parâmetros Violados
Araçai	ARAPJ	Ferro total
Buenópolis	BUCGO	Níquel total
Capim Branco	CBCSL	Alumínio total, Ferro, total, Turbidez
Corinto	COFBM	Ferro total
Curvelo	CUCC13	Níquel total
Datas	DATOM	Turbidez
Funilândia	FUGSJT	Ferro total, Selênio total
Gouveia	GOUPA	Cor verdadeira, Ferro total, Manganês total, Turbidez,
Jabuticatubas	JABRA	Chumbo total, Cor verdadeira, Ferro total
Lassance	LSCBA	Cor verdadeira, Turbidez
Lassance	LSCBR	Boro total
Lagoa Santa	LSQSU	Alumínio total, Arsênio total, Turbidez
Morro da Garça	MGCC02	Cor verdadeira, Ferro total, Manganês total
Morro da Garça	MGNOA	Cor verdadeira, Ferro total, Turbidez
Monjolo	MONOA	Cor verdadeira, Níquel total
Matozinhos	MTBSP	Cor verdadeira
Pedro Leopoldo	PLFID	Cor verdadeira
São José da Lapa	SJLRM	Cor verdadeira, Ferro total, Turbidez
Várzea Da Palma	VPBGU	Manganês total
Várzea Da Palma	VPCEM	Chumbo total, Ferro total, Manganês total

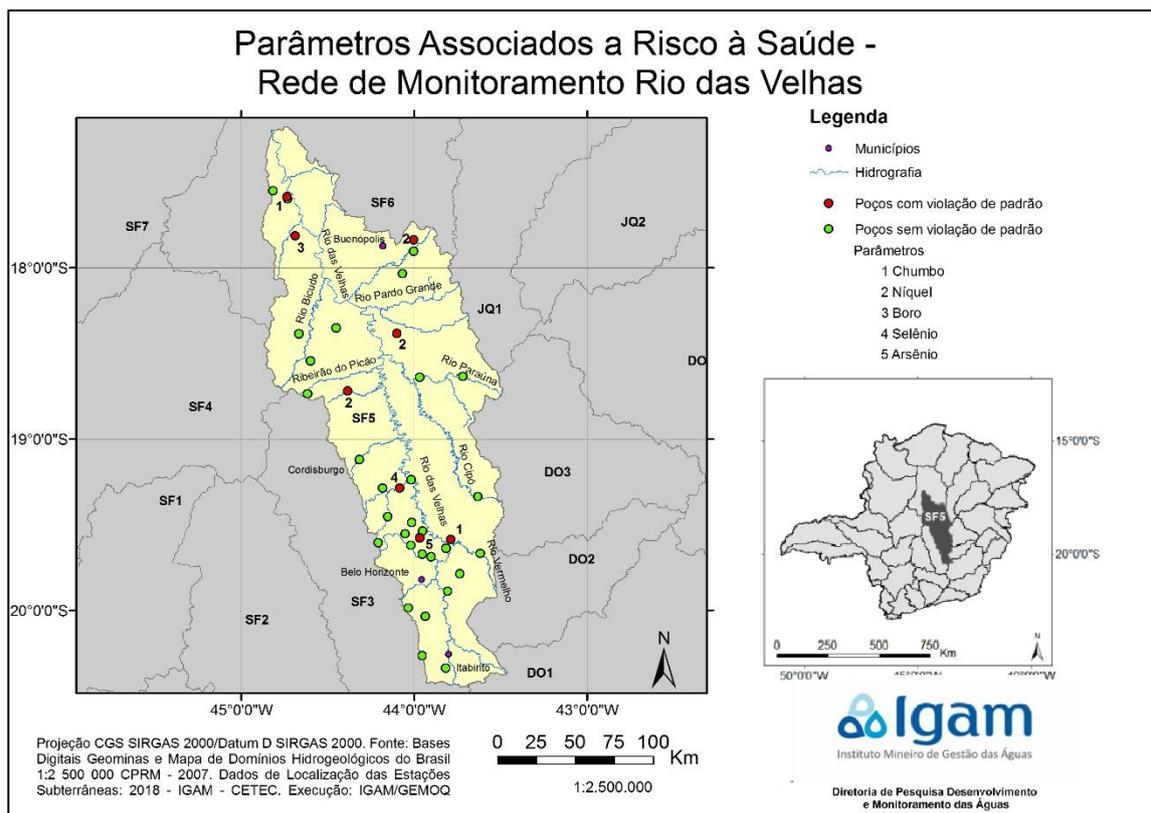


Figura 16. Ocorrência de violação de padrões legais associados a risco à saúde, especificados os padrões, por poço da atual configuração da Rede da Bacia do Rio das Velhas.

4.5 Qualidade do Aquífero Guarani

Para o Aquífero Guarani, durante o período de monitoramento de 2015 a 2017 foram realizadas 3 campanhas, visto que a periodicidade de amostragem para a rede é anual, todas no último semestre de cada ano. Com isso, foram obtidos mais de 800 resultados de análises para os 5 poços monitorados.

A qualidade hidroquímica das águas subterrâneas da Rede Guarani é apresentada resumidamente por meio do tratamento estatístico dos parâmetros na Tabela 14.

As principais características observadas para as águas subterrâneas da região são:

- Águas variando de brandas a duras, com 3 dos 5 poços monitorados durante o período sendo classificadas como apresentando águas moderadamente duras (CAL1, FRT1 e UBR3), ou seja, com valores de mg/L de CaCO_3 abaixo de 150 e acima de 50 mg/L.
- Em relação aos valores de pH e condutividade elétrica, foram feitas análises somente no ano de 2017. Todos os 5 poços apresentaram valores de pH acima de 7,5, o que

faz com que todas sejam classificadas como águas alcalinas. Para o parâmetro de condutividade elétrica, apenas um dos poços (CD3) apresentou resultado muito acima de 1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com um valor de 13380 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando salinidade acima da tolerável.

- E características hidrotermais observadas nos poços monitorados, cuja temperatura das águas variou entre 28°C e 58,9°C. O aquecimento natural dessas fontes ocorre em grandes profundidades e é dado em função do grau geotérmico presente na região. Essa característica faz com que o uso para recreação seja observado na região.

Tabela 14. Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas – estatística descritiva – para a Rede de Monitoramento Guarani.

Variável	Nº de Dados	Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio Padrão	% dados faltantes	% dados censurados
pH	5	7,5	8,4	9,8	8,7	1,1	66,7	0
Condutividade Elétrica - CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	5	130	258	13380	2843	5890	66,7	0
Alcalinidade de bicarbonato (mg/L CaCO_3)	14	38,0	67,5	210,0	94,5	62,2	6,7	0
Arsênio (mg/L As)	7	0,0013	0,0019	0,0348	0,0114	0,0133	6,7	46,7
Boro (mg/L B)	3	7,94	8,16	19,62	11,91	6,68	6,7	73,3
Cloreto Total (mg/L Cl^-)	9	1,12	4,58	1505,00	364,20	583,33	33,3	6,7
Dureza Total (mg/L CaCO_3)	14	2,3	40,9	506,0	125,6	196,7	6,7	0
Fluoreto (mg/L F ⁻)	14	0,110	0,220	2,330	0,606	0,816	6,7	0
Fósforo Total (mg/L P)	10	0,02	0,06	0,18	0,06	0,05	6,7	26,7
Magnésio dissolvido (mg/L Mg^{2+})	14	0,012	1,650	41,720	8,620	14,023	6,7	0
Nitrato (mg/L NO_3^-)	11	0,10	0,25	35,80	3,92	10,61	6,7	20,0
Sulfato total (mg/L SO_4^{2-})	9	5,2	41,2	11267,0	2715,8	4361,7	6,7	33,3
Alumínio Total (mg/L Al)	11	0,02	0,19	0,36	0,19	0,10	6,7	20,0
Bário (mg/L Ba)	7	0,007	0,020	0,074	0,034	0,027	6,7	46,7
Cálcio Dissolvido (mg/L Ca^{2+})	14	0,95	13,81	157,70	35,15	54,34	6,7	0
Ferro Total (mg/L Fe)	10	0,05	0,14	0,60	0,18	0,16	6,7	26,7
Manganês Total (mg/L Mn)	3	0,063	0,072	0,222	0,119	0,089	6,7	73,3
Níquel (mg/L Ni)	2	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	6,7	80,0
Potássio dissolvido (mg/L K^+)	14	0,49	2,94	48,14	9,20	14,48	6,7	0
Selênio (mg/L Se)	4	0,0026	0,0107	0,0132	0,0093	0,0047	6,7	66,7
Sódio total (mg/L Na)	14	1,85	49,00	6091,10	906,76	1866,59	6,7	0
Zinco (mg/L)	4	0,02	0,03	0,04	0,03	0,01	6,7	66,7

A classificação das águas, com relação aos íons dominantes, foi feita a partir de diagrama de Piper, apresentado na Figura 17 e os resultados dessa classificação são apresentados na Tabela 15. O diagrama mostra que a maioria das águas é bicarbonatada sódica (43% dos poços), seguido das bicarbonatadas cálcicas (21%) e bicarbonatadas mistas (14%). A distribuição de íons segue comumente a sequência $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Mg}^{2+} > \text{Cl}^-$. As águas classificadas com sódicas sulfatadas tem a seguinte sequência de distribuição de íons: $\text{SO}_4^{2-} > \text{Na}^+ > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$.

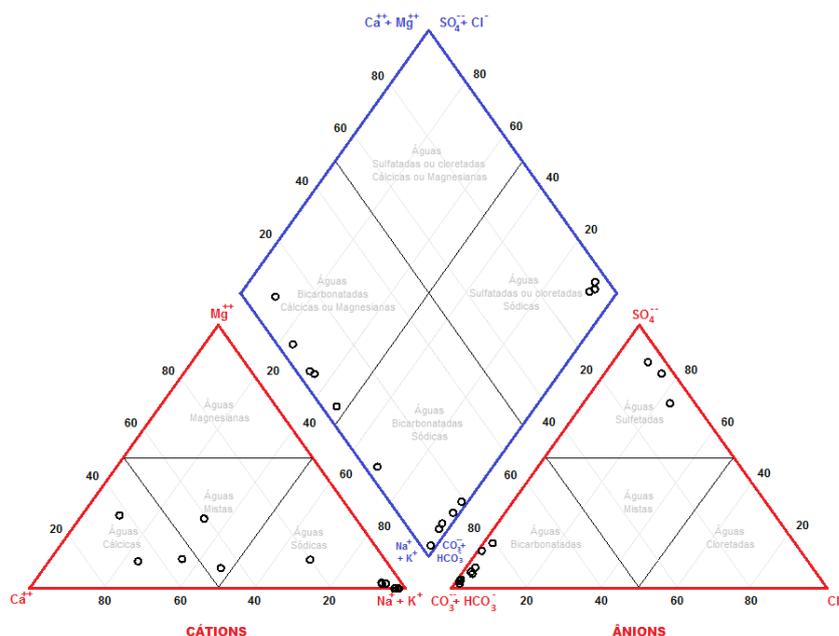


Figura 17 Diagrama trilinear de Piper para as medianas das concentrações iônicas nos poços monitorados no Aquífero Guarani no período de 2015 à 2017.

Tabela 15. Distribuição das classes de águas obtidas pelo diagrama trilinear de Piper nos poços monitorados no Aquífero Guarani.

Classe das Águas	Nº	%	Classes das Águas	Nº	%
Sódicas	9	64,3	Cloretadas	0	0,0
Cálcicas	3	21,4	Bicarbonatadas	11	78,6
Magnesianas	0	0,0	Sulfatadas	3	21,4
Mistas (Cátions)	2	14,3	Mistas (ânions)	0	0,0

Classe das Águas	Nº	%	Classes das Águas	Nº	%
Sódicas Cloretadas	0	0,0	Magnesianas Cloretadas	0	0,0
Sódicas Bicarbonatadas	6	42,9	Magnesianas Bicarbonatadas	0	0,0
Sódicas Sulfatadas	3	21,4	Magnesianas Sulfatadas	0	0,0
Sódicas Mistas	0	0,0	Magnesianas Mistas	0	0,0
Cálcicas Cloretadas	0	0,0	Cloretadas Mistas	0	0,0
Cálcicas Bicarbonatadas	3	21,4	Bicarbonatadas Mistas	2	14,3
Cálcicas Sulfatadas	0	0,0	Sulfatadas Mistas	0	0,0
Cálcicas Mistas	0	0,0	Mistas	0	0,0

4.6 Atendimento a Limites estabelecidos para Diferentes Usos das Águas Subterrâneas no Aquífero Guarani

Em relação às frequências percentuais de violações aos padrões, por parâmetro, para os diferentes usos, considerando a Resolução Conama 396/2008 e a Portaria de Potabilidade do Ministério da Saúde – nº 2914/2011, essas são apresentadas no gráfico abaixo (Figura 18).

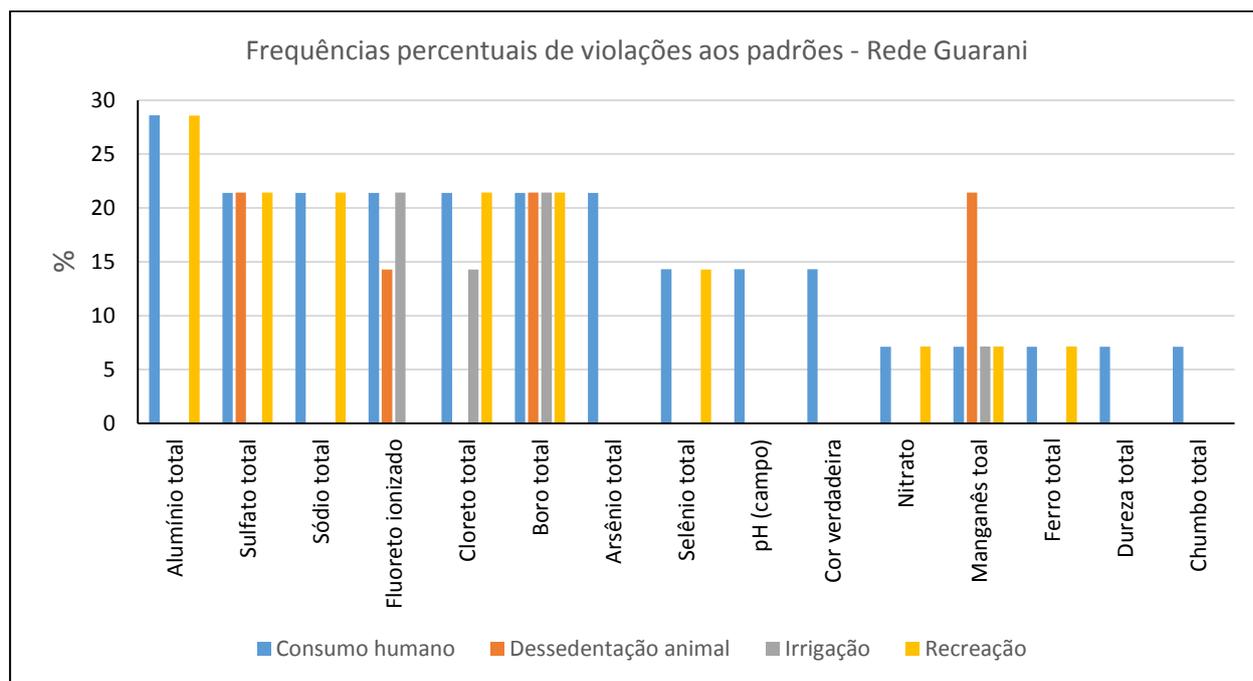
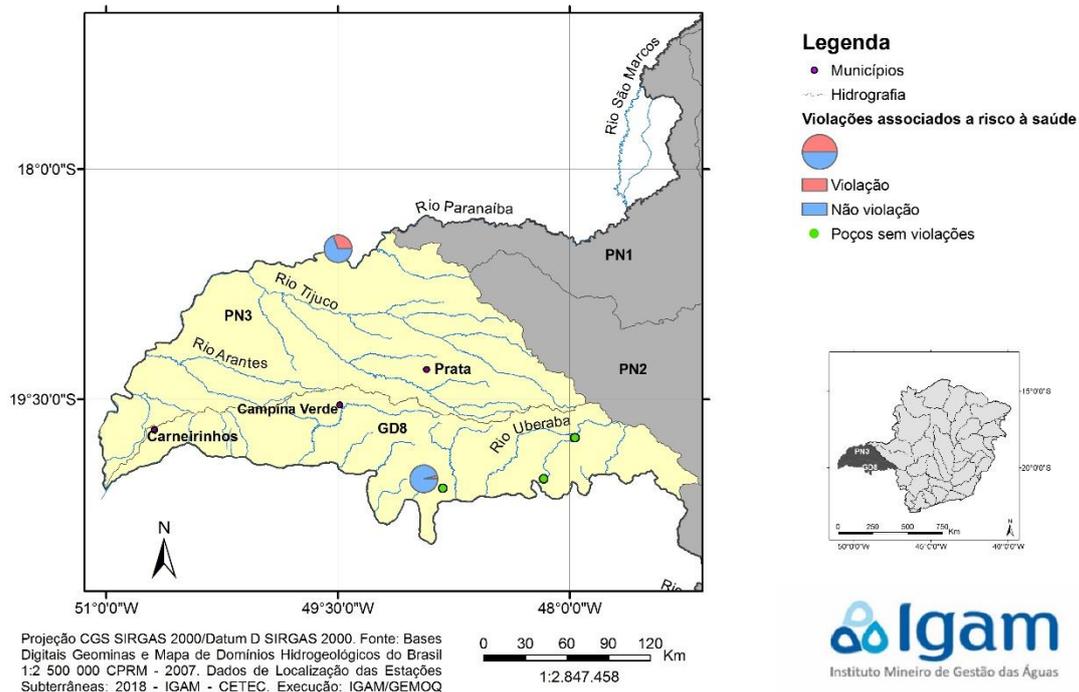


Figura 18 - Frequência percentual de violação aos padrões para diferentes usos, para a Rede Guarani.

Dentre os padrões organolépticos, apresentaram violações aos limites estabelecidos: Alumínio, Sulfato, Sódio, Cloreto, Cor, Manganês, Ferro e Dureza Total. Em relação aos parâmetros associados a risco à saúde humana os parâmetros que apresentaram violações foram: Fluoreto, Boro, Arsênio, Selênio, Nitrato e Chumbo.

Na Figura 19 são mostrados os percentuais de violação aos padrões de consumo humano, em relação ao total de medições realizadas para cada poço, tanto em relação aos padrões associados a risco à saúde humana, quanto para os padrões associados a gosto e odor.

Parâmetros Associados a Risco à Saúde- Rede de Monitoramento Guarani



Padrões Organolépticos- Rede de Monitoramento Guarani

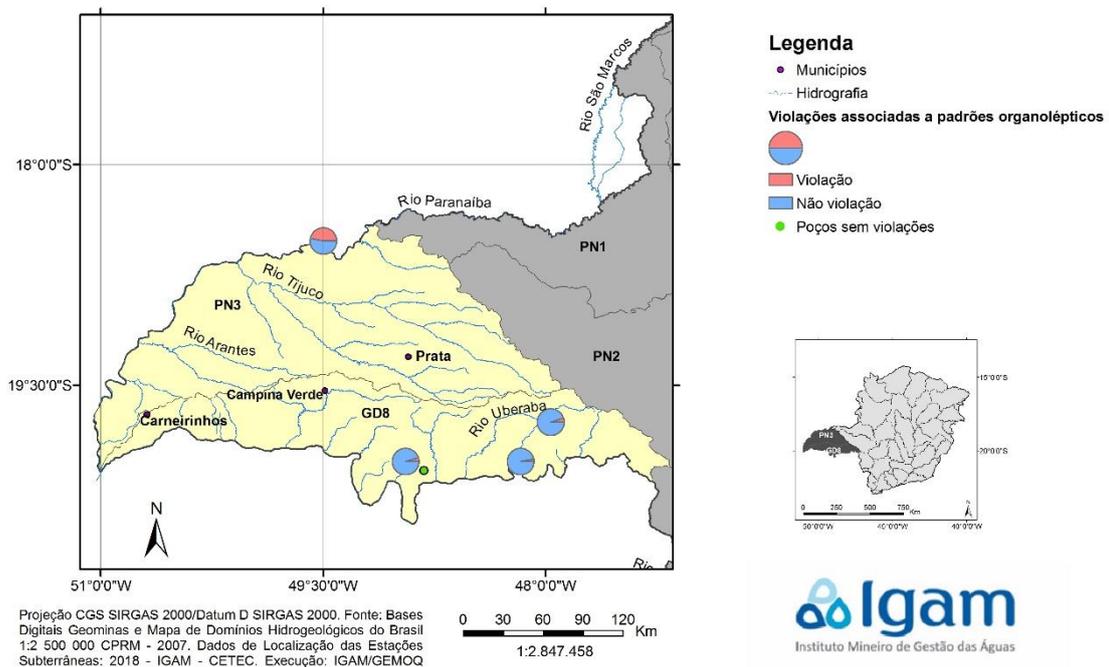


Figura 19. Percentuais de ocorrências de violação em relação ao total de medições realizadas, para cada poço da Rede Guarani frente aos parâmetros da água para consumo humano: (a) padrões associados a risco à saúde e (b) padrões organolépticos (que alteram sabor ou odor).

Observa-se que 2 dos 5 poços apresentaram violações aos limites estabelecidos para parâmetros associados a risco à saúde humana, sendo estes os poços FTR2 e CD3. O poço CD3 apresentou 12 violações, o que representa 46,2% do total de parâmetros.

Em relação aos padrões organolépticos, 4 dos 5 poços da rede apresentaram violações, mas, em geral, com uma porcentagem de ultrapassagem relativamente baixa em comparação com o número total de análises, exceto para o poço CD3 que apresentou novamente um percentual elevado de 46,7%.

Na Tabela 16 e na Figura 20 são especificados os parâmetros que apresentaram violações em cada um dos poços. Observa-se que, como já citado anteriormente, o poço CD3 é o que apresenta a maior quantidade de parâmetros associados a risco à saúde e organolépticos violando os limites estabelecidos durante o período de monitoramento.

Tabela 16. Relação de pontos que apresentaram violações em relação aos padrões, para consumo humano, para a Rede Guarani.

Município	Estação	Parâmetros Violados
Conceição das Alagoas	CAL1	Cor verdadeira
Cachoeira Dourada	CD3	Alumínio total, Arsênio total, Boro total, Cloreto, Dureza total, Ferro total, Fluoreto, Manganês total, Nitrato, Sódio total, Sulfato
Frutal	FRT2	Alumínio total, Chumbo total
Uberaba	UBR3	Cor verdadeira

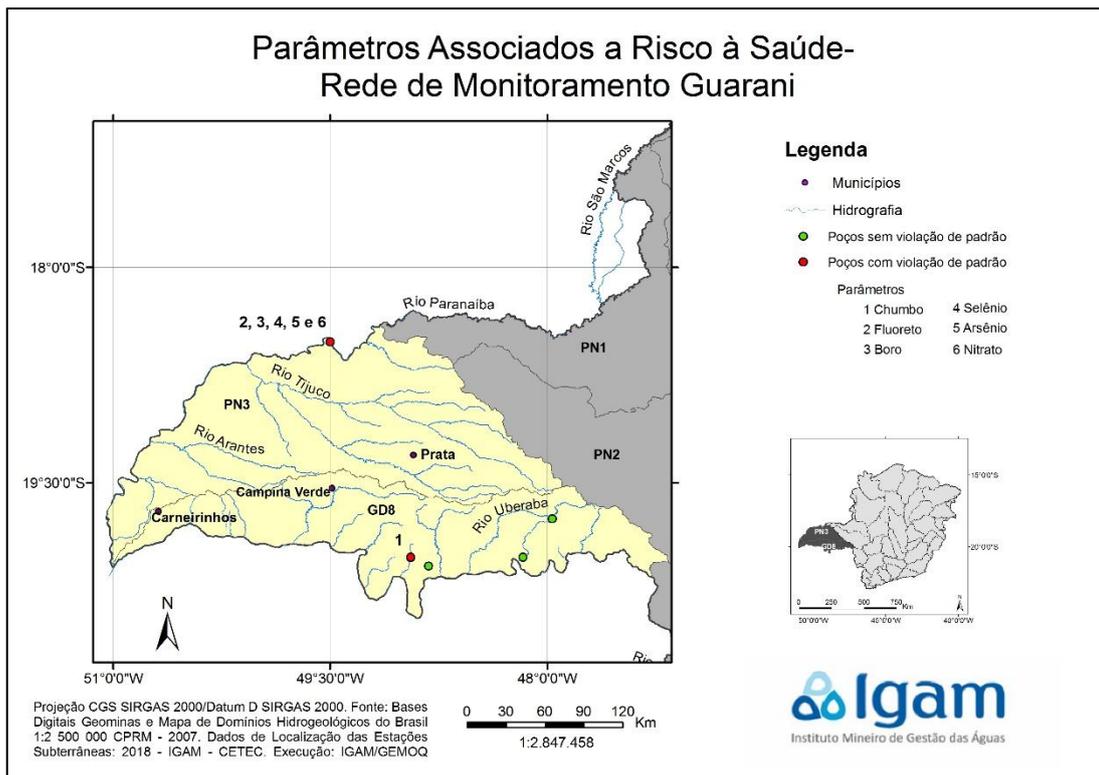


Figura 20. Ocorrência de violação de padrões legais associados a risco à saúde, especificados os padrões, por poço da atual configuração da Rede Guarani.

4.7 Qualidade do Aquífero Bauru

Excepcionalmente para a Rede de Monitoramento Bauru foi considerado neste relatório o período de monitoramento de 2011 a 2017, durante o qual foram realizadas 5 campanhas de amostragem, sendo 3 durante o período chuvoso (dezembro de 2011, março de 2013 e dezembro de 2017) e duas durante o período seco (agosto de 2012 e setembro de 2014). Foram obtidos um total de 3094 resultados de análise para os 16 poços da rede.

A rede apresenta como diferencial o monitoramento dos teores de agrotóxicos presentes na água, correspondente a 29 parâmetros adicionais de monitoramento.

As principais características observadas através da avaliação dos resultados obtidos para o aquífero são:

- Águas, em geral, brandas, com 73% das amostras apresentando valores de Alcalinidade de Bicarbonato (mg/L CaCO_3) inferiores à 50mg/L.

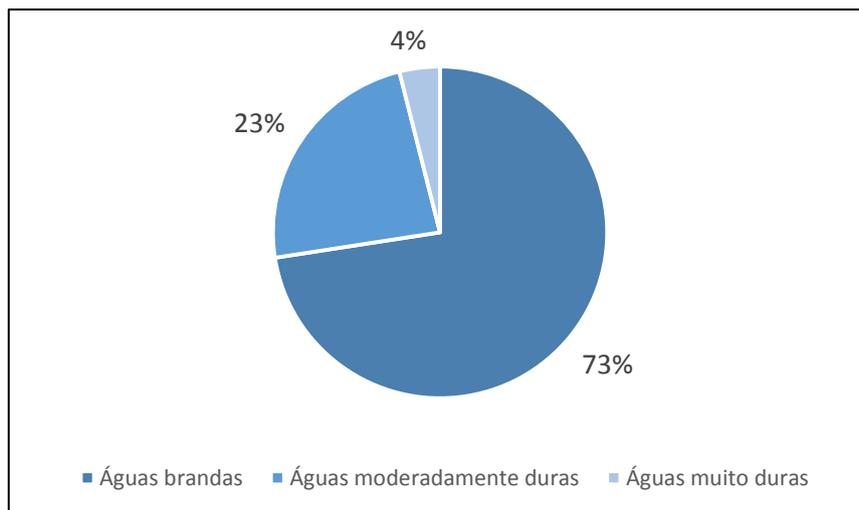


Figura 21. Percentuais das águas classificadas de acordo com o grau relativo de dureza para a Rede de Monitoramento Bauru.

- Águas pouco salinas, com o valor médio para Condutividade Elétrica de 119 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e com 100% das amostras apresentando um valor inferior a 1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- E águas variando de ácidas a alcalinas, porém com predominância de amostras classificadas com ácidas (valores de pH abaixo de 6,5), sendo essas correspondentes a 66,7% das amostras analisadas.

Em relação à Razão de Adsorção de Sódio, os valores obtidos para as águas da rede em questão apresentaram uma média de 0,41, com um valor máximo de 8,14. Um resumo estatístico contendo os parâmetros utilizados para avaliar a qualidade das águas subterrâneas é apresentado na tabela abaixo (Tabela 17).

Tabela 17. Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas – estatística descritiva – para a Rede de Monitoramento Bauru.

Variável	Nº de Dados	Mínimo	Mediana	Máximo	Média	Desvio Padrão	% dados faltantes	% dados censurados
pH	50	4,2	6,2	7,7	6,1	0,8	55,7	0
Condutividade Elétrica - CE ($\mu\text{S/cm}$)	49	0	36	1452	119	283	57,4	0
Sólidos Totais Dissolvidos in loco -STD (mg/L)	44	3	45	856	97	175	61,7	0
Alcalinidade de bicarbonato (mg/L CaCO_3)	43	1	15	409	45	76	61,7	0,9
Cloreto Total (mg/L Cl-)	23	0,50	1,51	178,00	20,27	47,55	55,7	24,3
Dureza Total (mg/L CaCO_3)	44	1,1	31,0	593,0	64,8	117,4	55,7	6,1
Fluoreto (mg/L F-)	9	0,10	0,13	0,27	0,16	0,06	55,7	36,5
Fósforo Total (mg/L P)	23	0,02	0,06	0,11	0,06	0,03	55,7	24,3
Magnésio dissolvido (mg/L Mg^{2+})	50	0,012	1,010	46,200	3,860	9,127	55,7	0,9
Nitrato (mg/L NO_3^-)	37	0,02	0,47	5,41	1,03	1,39	55,7	12,2
Sulfato total (mg/L SO_4^{2-})	7	5,1	7,8	146,0	31,3	51,2	55,7	38,3
Turbidez (NTU)	42	0,6	2,4	230,0	21,1	42,2	55,7	7,8
Alumínio Total (mg/L Al)	27	0,04	0,22	1,83	0,42	0,43	55,7	20,9
Bário (mg/L Ba)	46	0,007	0,037	0,258	0,061	0,061	55,7	4,3
Cálcio Dissolvido (mg/L Ca^{2+})	51	0,06	4,18	152,20	14,05	28,37	55,7	0
Cobre Total (mg/L Cu)	29	0,005	0,019	0,055	0,019	0,011	55,7	19,1
Ferro Total (mg/L Fe)	42	0,04	0,22	1,77	0,46	0,49	55,7	7,8
Manganês Total (mg/L Mn)	43	0,004	0,028	0,651	0,077	0,144	55,7	7
Níquel (mg/L Ni)	5	0,005	0,006	0,024	0,010	0,008	55,7	40
Potássio dissolvido (mg/L K^+)	38	0,16	1,06	18,95	1,81	3,35	55,7	11,3
Sódio total (mg/L Na)	51	0,06	1,00	85,90	5,69	15,81	55,7	0
Zinco (mg/L)	31	0,02	0,05	1,57	0,14	0,33	55,7	17,4

A classificação das águas, com relação aos íons dominantes, foram feitas a partir de diagrama de Piper, apresentado na Figura 22 e os resultados dessa classificação são apresentados na Tabela 18. O diagrama mostra que a maioria das águas é do tipo bicarbonatadas cálcicas (51% dos poços), seguido das bicarbonatadas mistas (24%) e as bicarbonatadas sódicas (10%). Ocorrem ainda, subordinadamente, cloretadas sódicas (2%), sulfatadas sódicas (6%), sódicas mistas (2%), sulfatadas cálcicas (2%) e cálcicas mistas (4%). A distribuição total dos íons segue geralmente a sequência: $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} > \text{Ca}^{2+} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Na}^+ > \text{Cl}^- > \text{Mg}^{2+}$.

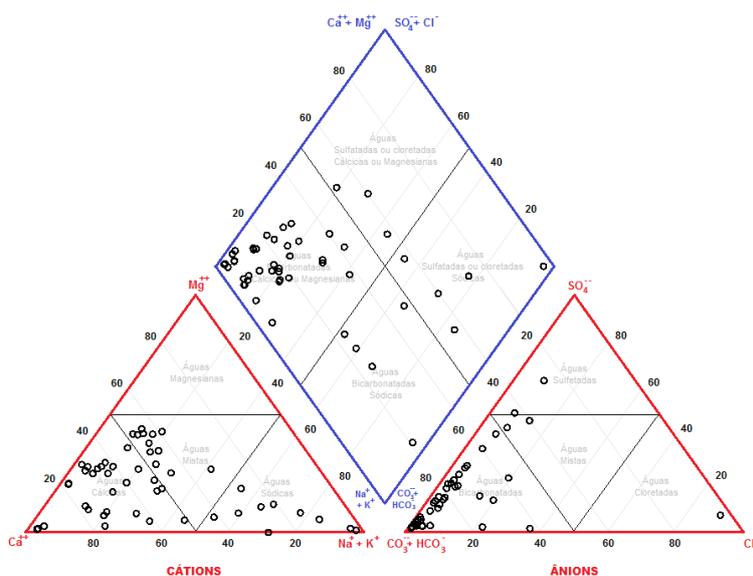


Figura 22 Diagrama trilinear de Piper para as medianas das concentrações iônicas nos poços monitorados no Aquífero Guarani no período de 2011 à 2017.

Tabela 18. Distribuição das classes de águas obtidas pelo diagrama trilinear de Piper nos poços monitorados no Aquífero Bauru.

Classe das Águas	Nº	%	Classes das Águas	Nº	%
Sódicas	10	19,6	Cloretadas	1	2,0
Cálcicas	29	56,9	Bicarbonatadas	43	84,3
Magnesianas	0	0,0	Sulfatadas	4	7,8
Mistas (Cátions)	12	23,5	Mistas (ânions)	3	5,9

Classe das Águas	Nº	%	Classes das Águas	Nº	%
Sódicas Cloretadas	1	2,0	Magnesianas Cloretadas	0	0,0
Sódicas Bicarbonatadas	5	9,8	Magnesianas Bicarbonatadas	0	0,0
Sódicas Sulfatadas	3	5,9	Magnesianas Sulfatadas	0	0,0
Sódicas Mistas	1	2,0	Magnesianas Mistas	0	0,0
Cálcicas Cloretadas	0	0,0	Cloretadas Mistas	0	0,0
Cálcicas Bicarbonatadas	26	50,9	Bicarbonatadas Mistas	12	23,5
Cálcicas Sulfatadas	1	2,0	Sulfatadas Mistas	0	0,0
Cálcicas Mistas	2	3,9	Mistas	0	0,0

4.8 Atendimento a Limites estabelecidos para Diferentes Usos das Águas Subterrâneas no Aquífero Bauru

Para a Rede Bauru, as frequências percentuais de violações aos padrões, por parâmetro, para os diferentes usos são apresentadas no gráfico abaixo (Figura 23).

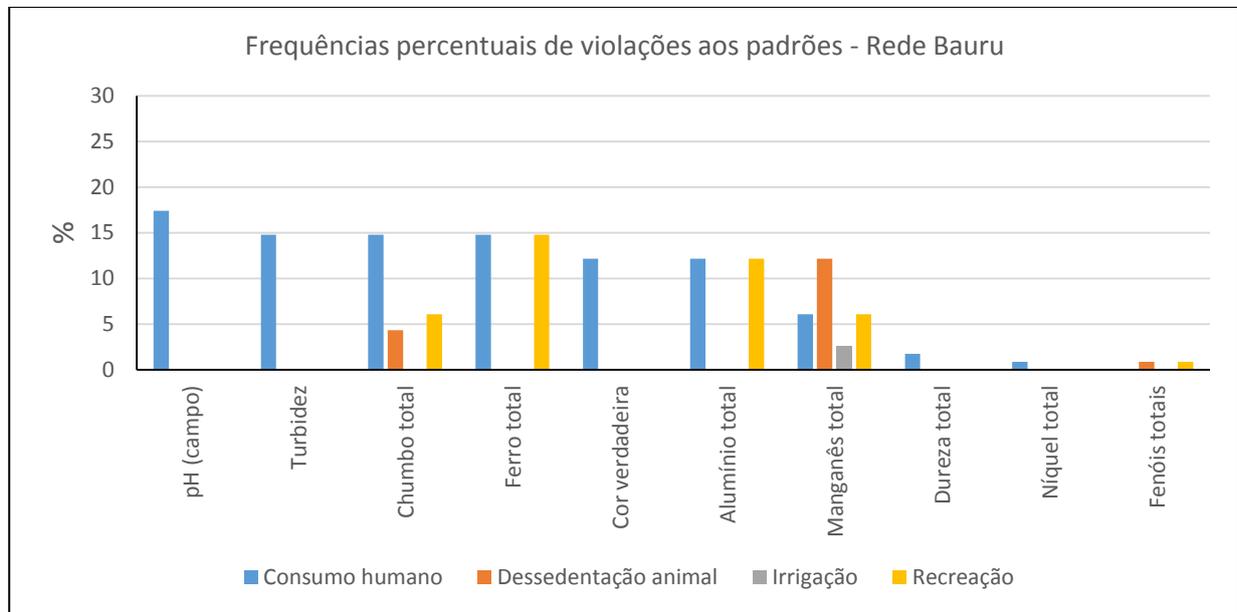
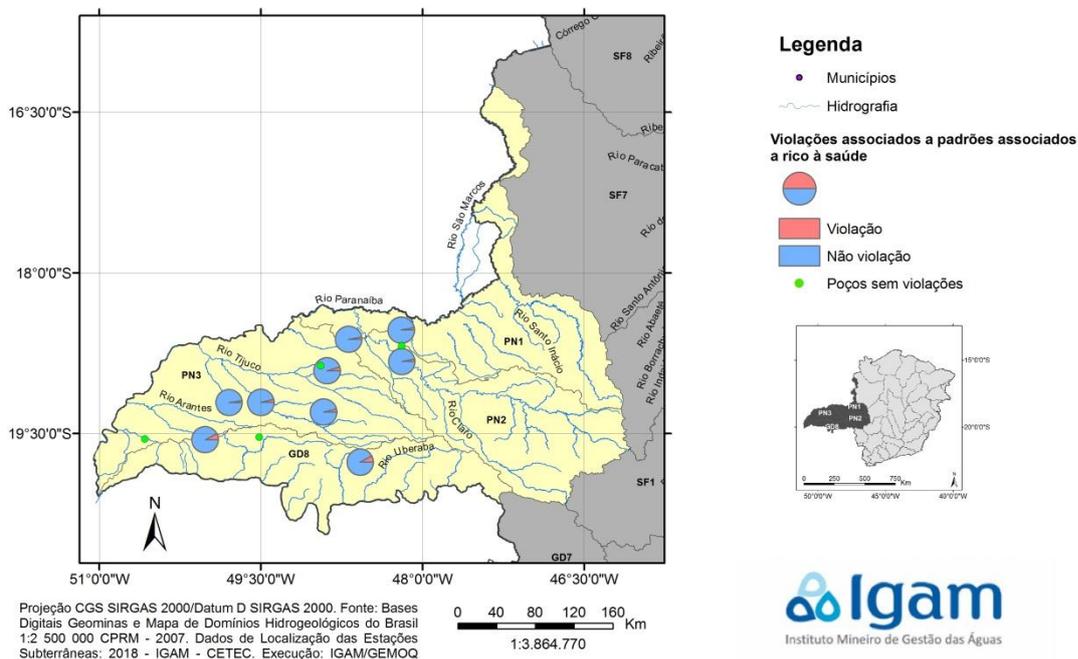


Figura 23. Frequência percentual de violação aos padrões para diferentes usos, para a Rede de Monitoramento Bauru.

O parâmetro que apresentou a maior porcentagem de violação em relação aos limites estabelecidos foi o pH. Dentre os padrões organolépticos, aqueles que apresentaram violações foram: Turbidez, Ferro, Cor, Alumínio, Manganês e Dureza total. Em relação aos parâmetros associados a risco à saúde humana o Chumbo e o Níquel apresentaram violações no período considerado.

Na Figura 24 são mostrados as ocorrências de violação aos padrões de consumo humano, em relação ao total de medições realizadas em cada poço, tanto em relação aos padrões associados a risco à saúde humana, quanto para os padrões organolépticos.

Padrões Associados a Risco à Saúde- Rede de Monitoramento Bauru



Padrões Organolépticos- Rede de Monitoramento Bauru

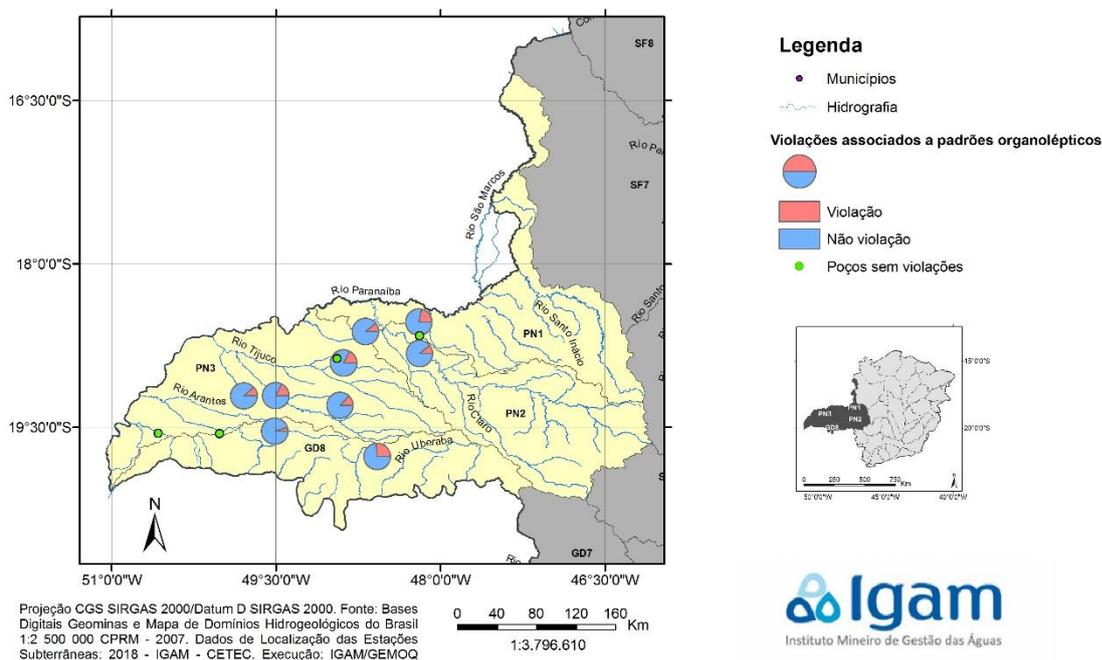


Figura 24 - Percentuais de ocorrências de violação em relação ao total de medições realizadas, para cada poço da Rede Bauru, frente aos parâmetros da água para consumo humano: (a) padrões associados a risco à saúde e (b) padrões organolépticos (que alteram sabor ou odor).

Observa-se que grande parte dos poços apresentam violações em relação aos padrões associados a risco à saúde e em relação aos padrões organolépticos.

Observa-se que apenas 3 poços não apresentaram violações aos limites estabelecidos para parâmetros associados a risco à saúde humana. Os poços com maior porcentagem de violações são CV-08 e CF-01, com cerca de 8% de parâmetros violados.

Em relação aos padrões organolépticos o poço ARG-05 apresentou 12 violações, o que representa 21,8% do total de parâmetros, já o poço CF-01 teve 6 violações, porem como o numero de parâmetros avaliados foi menor esse valor representa 26% do total.

Na Tabela 19 e na Figura 25 são especificados os parâmetros que apresentaram violações em cada um dos poços.

Tabela 19. Relação de pontos que apresentaram violações em relação aos padrões de consumo humano para a Rede Bauru.

Município	Estação	Parâmetros Violados
Araguari Centro	ARG-04	Alumínio total, Chumbo total, Cor verdadeira, Ferro total, Níquel total, Turbidez
Araguari	ARG-05	Alumínio total, Chumbo total, Cor verdadeira, Ferro total, Manganês total, Turbidez
Campo Florido	CF-01	Alumínio total, Chumbo total, Ferro total, Manganês total, Turbidez
Canápolis	CNP-06	Chumbo total, Cor verdadeira
Campina Verde	CV-07	Turbidez
Campina Verde	CV-08	Chumbo total
Gurinhata	GRNT-09	Alumínio total, Chumbo total, Ferro total, Manganês total, Turbidez
Gurinhata	GRNT-15	Alumínio total, Chumbo total, Ferro total, Manganês total, Turbidez
Ituiutaba	ITB-10	Cor verdadeira
Monte Alegre	MA-16	Alumínio total, Chumbo total, Cor verdadeira, Ferro total, Turbidez
Prata	PT-02	Alumínio total, Chumbo total, Ferro total, Turbidez,
Tupaciguara	TPCG-12	Alumínio total, Chumbo total, Cor verdadeira, Ferro total, Turbidez
Tupaciguara	TPCG-15	Alumínio total, Chumbo total, Cor verdadeira, Ferro total, Manganês total, Turbidez
Uberlândia	UBL-13	Alumínio total, Chumbo total, Cor verdadeira, Ferro total, Turbidez,

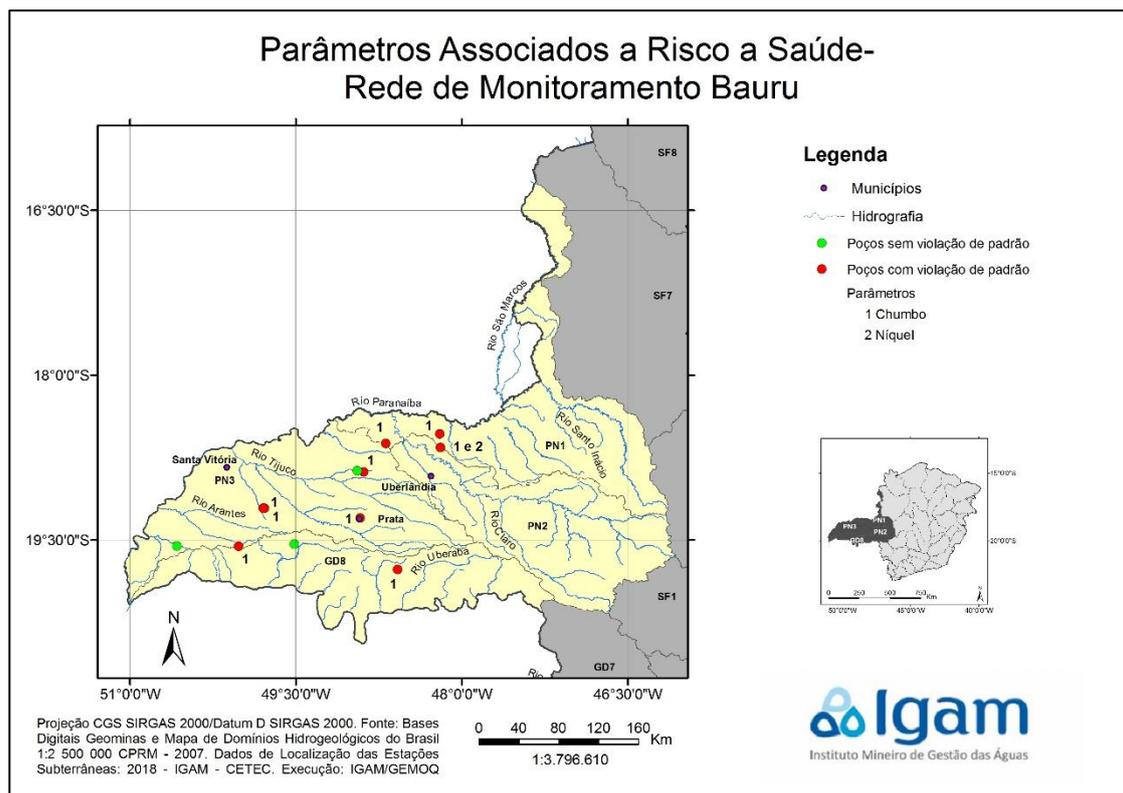


Figura 25. Ocorrência de violação de padrões legais associados a risco à saúde, especificados os padrões, por poço da atual configuração da Rede Bauru.

4.9 Evolução da qualidade das águas subterrâneas monitoradas no Estado

A evolução da qualidade das águas subterrâneas monitoradas no Estado e consideradas neste relatório é feita a partir da comparação com resultados obtidos em campanhas anteriores disponíveis para cada rede.

A Rede de Monitoramento Norte de Minas (Sub-Bacias SF6, SF9 e SF10) é a que apresenta uma série histórica mais representativa e, para análise da evolução da qualidade das águas subterrâneas dessa rede, foram considerados os resultados apresentados no Resumo Executivo de 2016, para o período de 2014/2015 (ano hidrológico de 2015), e no Resumo Executivo de 2014 que apresenta resultados para o período de 2005 a 2013.

Os resultados apresentados em ambos os resumos executivos e no presente relatório apresentam-se, em sua maioria, semelhantes, com águas variando de ácidas a alcalinas, porém com predominância de águas de caráter neutro; salinidade, em geral tolerável; dureza elevada; e predominância de águas classificadas como bicarbonatadas cálcicas a partir do Diagrama de Piper. Em relação às violações aos limites estabelecidos para consumo humano, os parâmetros que apresentaram violações no Resumo Executivo de 2016

continuaram apresentando até o período considerado, porém observa-se uma diminuição do percentual de ultrapassagens para os parâmetros Cor e Dureza Total, e um aumento do percentual para o parâmetro Níquel, além da ocorrência de extrapolação de limites para os parâmetros pH, Mercúrio e Zinco, que no Resumo Executivo de 2016 não apareciam.

Tabela 20. Comparação dos parâmetros violados para os períodos de 2014 a 2015 e de 2015 a 2017 para a Rede de Monitoramento Norte de Minas.

Estação	Parâmetros violados – Período de 2014 a 2015	Parâmetros violados – Período de 2015 a 2017
BC001	<i>Cloreto, Dureza total, Ferro total, STD</i>	<i>Cloreto, Cor Verdadeira, Dureza total, Ferro total, Níquel total, STD, Turbidez</i>
BC003	-	Níquel total
CE001	-	Níquel total
CJ002	Cloreto	-
CJ004	<i>Dureza total, Ferro total, Manganês total, Sulfato,</i>	<i>Alumínio total, Dureza total, Ferro total, Manganês total, Níquel total, Sulfato, Turbidez</i>
CJ005	<i>Alumínio total, Cloreto, Ferro total, Manganês total, Turbidez</i>	<i>Alumínio total, Ferro total, Manganês total, Turbidez</i>
CJ006	<i>Alumínio total, Ferro total</i>	<i>Alumínio total, Ferro total</i>
EN001	<i>Cor verdadeira, Ferro total</i>	<i>Cor verdadeira, Ferro Total</i>
EP001	<i>Arsênio total, Cloreto, Dureza total, Nitrato, Selênio total, Sódio total, STD</i>	<i>Cloreto, Cor verdadeira, Dureza total, Ferro total, Níquel total, Nitrato, Selênio total, Sódio total, STD</i>
EP004	<i>Dureza total, Nitrato</i>	<i>Cloreto, Dureza total, Níquel total, Nitrato</i>
EP006	<i>Manganês total</i>	<i>Cloreto, Cor verdadeira, Dureza total, Ferro total, Manganês total, Níquel total, STD</i>
FD001	<i>Ferro total, Turbidez</i>	<i>Ferro total, Turbidez</i>
FD002	-	Ferro total, Manganês total
FS002	Fenóis	Cor verdadeira, Manganês total, Turbidez
FS003	<i>Manganês total</i>	<i>Dureza total, Manganês total, Níquel total</i>
FS004	<i>Dureza total, Ferro total, Manganês total, Selênio total, STD, Sulfato</i>	<i>Alumínio total, Cor verdadeira, Dureza total, Ferro total, Manganês total, Níquel total, Selênio, STD, Sulfato, Turbidez</i>
FS007	<i>Dureza total</i>	<i>Dureza total, Níquel total</i>
GM001	<i>Cor verdadeira, Ferro total, Manganês total</i>	<i>Cor verdadeira, Ferro total, Manganês total, Turbidez</i>
JB003	<i>Cor verdadeira</i>	<i>Boro, Cor verdadeira, Fluoreto, Níquel total</i>
JB007	<i>Cor verdadeira, Ferro total, Turbidez</i>	<i>Cor verdadeira, Ferro total, Níquel total, Turbidez</i>
JB008	-	Níquel total
JB020	<i>Cor verdadeira, Ferro total, Manganês total</i>	<i>Cor verdadeira, Ferro total, manganês total, Turbidez</i>
JB021	<i>Fenóis, Turbidez</i>	<i>Turbidez</i>
JF001	<i>Manganês total</i>	<i>Ferro total, Manganês total</i>
JF002	-	<i>Alumínio total, Ferro total, Níquel total, Turbidez</i>

Tabela 20. Comparação dos parâmetros violados para os períodos de 2014 a 2015 e de 2015 a 2017 para a Rede de Monitoramento Norte de Minas (continuação).

JN001	Dureza total	Dureza total, Manganês total, Níquel total, Sulfato
JQ001	Cor verdadeira, Ferro total, Manganês total, Turbidez	Cor verdadeira, Ferro total, Manganês total, Turbidez
JQ002	-	Alumínio total e Manganês total
JQ003	Turbidez	Alumínio total
JR001	Cor verdadeira, Dureza total, Ferro total, Manganês total, Sulfato, Turbidez	Alumínio total, Cor verdadeira, Dureza total, Ferro total, Manganês total, Níquel total, Sulfato, Turbidez
LP001	Ferro total, Nitrato	Alumínio, Ferro total, Nitrato
MA001	Dureza total, Manganês total, Nitrato	Cloreto, Dureza total, Manganês total, Níquel, Nitrato, STD
MA003	Dureza total, Ferro total, Manganês total	Alumínio total, Cor verdadeira, Dureza total, Ferro total, Manganês total, Níquel total
MC002	Cor verdadeira, Ferro total	Alumínio total, Cloreto, Cor verdadeira, Ferro total, Mercúrio, Nitrato, Turbidez
MC003	-	Cloreto, Ferro total, Turbidez
MC004	-	Ferro total
MC005	Cor verdadeira, Ferro total, Turbidez	Alumínio total, Cloreto, Cor verdadeira, , Ferro total, Turbidez
MC006	Turbidez	Ferro total, Turbidez
MR001	Cloreto	Alumínio total, Cloreto, Ferro total
MR002	-	Alumínio total, Turbidez
MTC001	Cor verdadeira, Ferro total, Turbidez	Cor verdadeira, Ferro total, Níquel total, Turbidez
MTC002	Fluoreto, Sódio total	Alumínio total, Boro total, Fluoreto, Sódio total
MTC006	-	Ferro total, Níquel total
PP001	Bário total, Manganês total, Nitrato	Alumínio total, Bário total, Cloreto, Dureza total, Ferro total, Manganês total, Níquel total, Nitrato, Selênio total, STD
PP002	Manganês total	Alumínio total, Ferro total, Manganês total, Níquel total, Turbidez
RM001	Ferro total	Ferro total
SP001	-	Alumínio total, Ferro total, Níquel total
SP002	-	Dureza total, Níquel total
VD001	-	Alumínio total, Níquel total, Turbidez
VD003	Cloreto, Dureza total, Manganês total, Nitrato, STD, Sulfato	Cloreto, Dureza total, Manganês total, Níquel total, Nitrato, Selênio, STD, Sulfato
VD013	Ferro total	Dureza total, Ferro total
VD014	Dureza total	Cor verdadeira, Dureza total, Níquel total, STD
VD020	Selênio total	Alumínio total, Cloreto, Dureza total, Ferro total, Níquel total, STD, Zinco total
VD022	Cor verdadeira, Ferro total, Manganês total, Nitrato, Selênio total	Cor verdadeira, Ferro total, Manganês total, Nitrato
VZ001	Selênio total	-
VZ006	Selênio total	Alumínio total, Níquel total

Para a Rede de Monitoramento da Bacia do Rio das Velhas, a avaliação da evolução da qualidade das águas foi realizada em comparação com os resultados apresentados no Resumo Executivo de 2017, para o período de 2015/2016, visto que o monitoramento foi iniciado em 2015 e dessa forma há somente este estudo disponível em relação à rede.

Os resultados obtidos no presente relatório apresentam-se concordantes com aqueles do Resumo Executivo, com a maioria dos poços apresentando pH neutro, dureza elevada, salinidade tolerável e classificação em relação aos íons predominantes indicando uma maioria bicarbonatada cálcica. Em relação às violações aos limites estabelecidos para o consumo humano, os padrões que apresentaram violações no Relatório Executivo de 2017 continuaram apresentando violações para o período considerado no presente relatório, sendo esses: Ferro, Manganês, Alumínio, Arsênio, Boro, Chumbo e Níquel. Além desses, durante o período considerado neste relatório apresentaram também ultrapassagens aos limites estabelecidos ao consumo humano os parâmetros: Turbidez, Cor, Sulfeto, Selênio e pH.

Tabela 21. Comparação dos parâmetros violados para os períodos de 2015 a 2016 e de 2015 a 2017 para a Rede de Monitoramento da Bacia do Rio das Velhas.

Estação	Parâmetros violados – Período 2015 a 2016	Parâmetros violados – Período de 2015 a 2017
ARAPJ	-	Ferro total
BUCGO	-	Níquel total
CBCSL	<i>Alumínio total, Ferro total</i>	<i>Alumínio total, Ferro, total, Turbidez</i>
COFBM	-	Ferro total
CUCC13	-	Níquel total
DATOM	-	Turbidez
FUGSJT	<i>Ferro total</i>	<i>Ferro total, Selênio total</i>
GOUPA	<i>Ferro total, Manganês total</i>	<i>Cor verdadeira, Ferro total, Manganês total, Turbidez,</i>
JABRA	<i>Chumbo total</i>	<i>Chumbo total, Cor verdadeira, Ferro total</i>
LSCBA	-	Cor verdadeira, Turbidez
LSCBR	<i>Boro total</i>	<i>Boro total</i>
LSQSU	<i>Alumínio total, Arsênio total</i>	<i>Alumínio total, Arsênio total, Turbidez</i>
MGCC02	<i>Manganês total</i>	<i>Cor verdadeira, Ferro total, Manganês total</i>
MGNOA	<i>Ferro total</i>	<i>Cor verdadeira, Ferro total, Turbidez</i>
MONOA	<i>Níquel total</i>	<i>Cor verdadeira, Níquel total</i>

Tabela 21. Comparação dos parâmetros violados para os períodos de 2015 a 2016 e de 2015 a 2017 para a Rede de Monitoramento da Bacia do Rio das Velhas (continuação).

MTBSP	-	Cor verdadeira
PLFID	-	Cor verdadeira
SJLRM	<i>Ferro total</i>	Cor verdadeira, <i>Ferro total</i> , Turbidez
VPBGU	<i>Manganês total</i>	<i>Manganês total</i>
VPCEM	<i>Chumbo total, Manganês total</i>	<i>Chumbo total, Ferro total, Manganês total</i>

Para a Rede de Monitoramento Guarani foram considerados os mesmos estudos utilizados para avaliar a evolução da Rede de Monitoramento do Norte de Minas, sendo esses o Resumo Executivo de 2016 e o Resumo Executivo de 2014, já citados acima. Para os parâmetros mencionados nesses, percebe-se que prevalecem ainda: a ocorrência de águas do tipo bicarbonatadas sódicas, bicarbonatadas cálcicas e mistas; pH, em geral, alcalino; salinidade tolerável para a maioria dos poços, porém com o poço CD3 apresentando valores elevados recorrentes para a condutividade elétrica; e caráter hidrotermal, com elevada temperatura das águas.

Tabela 22. Comparação dos parâmetros violados para os períodos de 2014 a 2015 e de 2015 a 2017 para a Rede de Monitoramento Guarani.

Estação	Parâmetros violados – Período de 2014 a 2015	Parâmetros violados – Período de 2015 a 2017
CAL1	-	Cor verdadeira
CD3	<i>Alumínio total, Arsênio total, Cloreto, Dureza total, Ferro total, Fluoreto, Manganês total, Nitrato, Nitrogênio amoniacal, Selênio total, Sódio total, STD, Sulfato</i>	<i>Alumínio total, Arsênio total, Boro total, Cloreto, Dureza total, Ferro total, Fluoreto, Manganês total, Nitrato, Sódio total, Sulfato</i>
FRT2	<i>Alumínio total, Chumbo total</i>	<i>Alumínio total, Chumbo total</i>
UBR3	Alumínio total	Cor verdadeira

Em relação ao Aquífero Bauru não existem relatórios que apresentem resultados pretéritos para a rede, dessa forma, para possibilitar uma avaliação da qualidade das águas da rede, o período de monitoramento considerado no presente relatório foi dividido entre o período de 2011 a 2014 e o período correspondente ao ano de 2017. A tabela abaixo apresenta o resumo dos parâmetros violados para cada um dos períodos considerados.

Tabela 23. Comparação dos parâmetros violados para os períodos de 2011 a 2014 e do ano de 2017 Rede de Monitoramento Bauru.

Estação	Parâmetros violados – Período de 2011 a 2014	Parâmetros violados – Período de 2017
ARG-04	<i>Cor verdadeira, Ferro Total, Níquel total</i>	<i>Alumínio Total, Cor verdadeira, Ferro Total, Chumbo total, Turbidez</i>
ARG-05	<i>Alumínio Total, Chumbo total, Cor verdadeira, Ferro Total, Manganês Total, Turbidez</i>	<i>Alumínio Total, Chumbo total, Cor verdadeira, Ferro Total, Turbidez</i>
CF-01	Alumínio total, Chumbo total, Ferro total, Manganês total, Turbidez	*Não foi realizada coleta
CNP-06	Chumbo total, Cor verdadeira	*Não foi realizada coleta
CV-07	--	Turbidez
CV-08	Chumbo total	*Não foi realizada coleta
GRNT-09	Alumínio total, Chumbo total, Ferro total, Manganês total, Turbidez	*Não foi realizada coleta
GRNT-15	Alumínio total, Chumbo total, Ferro total, Manganês total, Turbidez	*Não foi realizada coleta
ITB-10	Cor verdadeira	-
MA-16	Chumbo total	*Não foi realizada coleta
PT-02	Alumínio total, Chumbo total, Ferro total, Turbidez,	*Não foi realizada coleta
TPCG-12	<i>Alumínio Total, Chumbo total, Cor verdadeira, Ferro Total, Turbidez</i>	<i>Alumínio Total, Ferro Total</i>
TPCG-15	Alumínio total, Chumbo total, Cor verdadeira, Ferro total, Manganês total, Turbidez	*Não foi realizada coleta
UBL-13	<i>Alumínio total, Cor verdadeira, Turbidez</i>	<i>Alumínio total, Chumbo total, Cor verdadeira, Ferro total, Turbidez</i>

5 • Considerações Finais

Considerando-se as campanhas realizadas e todas as redes monitoradas abrangidas nesse relatório, os parâmetros cujos resultados apresentaram-se em desconformidade com o limite estabelecido pela Portaria de Consolidação nº5 do Ministério da Saúde para potabilidade foram: Turbidez, Cor real, Sólidos totais dissolvidos, Dureza total, Cloretos, Sulfato, Sulfeto, Fluoreto, Nitrato, Alumínio total, Arsênio total, Boro total, Chumbo total, Ferro total, Manganês total, Níquel total, Selênio total, Zinco total e Escherichia coli. A alteração desses parâmetros tem se mostrado constante na série histórica do monitoramento.

As inconformidades observadas para os parâmetros condutividade elétrica e dureza total das águas subterrâneas em poços monitorados nas redes Norte de Minas e Bacia do Velhas são devidas à predominância das rochas carbonárias do sistema cárstico e cárstico fissurado do Grupo Bambuí.

As concentrações excessivas de cor real, turbidez, e ferro total e manganês total podem, a princípio, ser atribuídas a falhas construtivas dos poços, bem como ausência de manutenção dos mesmos. Estes fatos são comuns na maior parte dos poços tubulares, uma vez que o usuário muitas vezes não entende que essa obra de captação carece de manutenção. A ocorrência desses elementos é comum em minerais que formam as rochas e solos lateríticos.

A ocorrência de nitrato em poços da rede Norte de Minas indica a provável contaminação por compostos orgânicos, como resultado de lixiviação de efluentes orgânicos por meio do solo, ou mesmo interceptação de corpos de água superficiais contaminados pelo bombeamento dos poços. Não se pode deixar de considerar ainda a origem devida ao uso de fertirrigação ou no uso de fertilizantes nas áreas de contribuição dos poços.

Os metais como o Alumínio, Arsênio, Boro, Chumbo, Níquel, Selênio e Zinco ocorrem normalmente na água subterrânea em baixas concentrações, como elementos secundários, estando associados normalmente ao ambiente geológico, mas podem também estar associados à proximidade de atividades que propiciam a criação de focos de contaminação, como depósitos de efluentes ou rejeitos.

Em relação aos resultados obtidos para a violação aos parâmetros de consumo humano associados ao risco à saúde, observa-se que cerca de 38% dos pontos analisados, consideradas todas as redes, tiveram, em pelo menos uma das medições, concentração superior ao limite estabelecido, com destaque para: arsênio total, bário total, boro total, fluoreto e níquel total. Nestes casos é recomendável a restrição/vedação do consumo destas águas.

É importante que o usuário seja informado quanto a restrição de uso das águas que apresentam esse tipo de alteração, que muitas vezes são naturais, próprias da água e do ambiente onde circula. Esta ação deve ser desenvolvida em conjunto com a Secretária Estadual de Saúde e é desejável o envolvimento dos respectivos Comitês de Bacias Hidrográficas.

A pesquisa da presença de agroquímicos na água foi realizada na região do aquífero Bauru, no Triângulo Mineiro, e em nenhum dos resultados observou-se concentração dessas substâncias acima do limite de detecção do método analítico utilizado. Muito embora não seja comprovada, deve-se ainda estudar a possibilidade de contaminação pela ação antrópica, em especial pela aplicação de agroquímicos, sobretudo nas áreas de Jaíba, Verdelândia e Varzelândia, no norte de Minas e de ocorrência do aquífero Bauru, no Triângulo Mineiro, que apresentam extensas áreas de irrigação.

A qualidade das águas subterrâneas é diretamente influenciada pelo tipo de rocha onde está armazenada, como também pela qualidade da água de recarga, tempo de contato no aquífero, a ocorrência de fontes potencialmente poluidoras, vulnerabilidade natural dos aquíferos, dentre outros. A comparação dos resultados obtidos com os valores de potabilidade não é o mais apropriado e nem sempre a água subterrânea irá atender os padrões estabelecidos, uma vez os esses padrões foram estabelecidos para condição de água tratada, não de água bruta, que é o caso. O monitoramento é a ferramenta que poderá propiciar o estabelecimento de faixas de variação para os diferentes parâmetros, estabelecendo assim padrões mais coerentes para a qualidade das águas subterrâneas. É ainda essencial para o acompanhamento da evolução da condição de qualidade das águas ao longo do tempo. O conhecimento da condição de qualidade das águas subterrâneas do Estado permite que ações, com vistas ao uso adequado, bem como para a proteção e a conservação, sejam adotadas.

O monitoramento realizado pelo IGAM deve ser aprimorado visando o aumento do número de medições, mantida a atual configuração dos poços, bem como a ampliação das redes existentes, buscando aumentar a cobertura no Estado. Mesmo com as atuais limitações, o IGAM vem atingindo alguns dos objetivos propostos, dentre os quais se destaca a ampliação do conhecimento das características e da qualidade das águas dos aquíferos, para subsidiar ações preventivas relacionadas ao uso adequado do recurso hídrico, e para nortear o futuro estabelecimento de valores de referência.

Deve ser destacado a importância de se propiciar as parcerias entre as diferentes instituições que realizam o monitoramento de água subterrânea no Estado, a exemplo do que se

estabeleceu entre o IGAM e a CPRM-Serviço Geológico do Brasil para a rede Bauru. Mesmo que se tenha verificado diversos problemas de ordem logística, técnica e financeira, que impossibilitaram a realização de operações conjuntas de monitoramento conforme planejado pelas instituições, a formalização dessa parceria é de grande relevância para que essa ação seja impulsionada e a abrangência do monitoramento possa ser ampliada no território e a condição de qualidade da água subterrânea melhor conhecida.

6 • Referencia Bibliográfica

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 2008. Resolução Conama N° 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de consolidação nº5, de 28 de setembro de 2017. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. DOU de 04/01/2012, Seção 1, p. 43 - 49. Brasília: Diário Oficial da União, 2012.

CETESB (São Paulo) Qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo 2013-2015 [recurso eletrônico] / CETESB; Execução Rosângela Pacini Modesto [et al.]; Colaboração Blas Marçal Sanchez [et al.] - São Paulo: CETESB, 2016.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Domínios Hidrogeológicos do Brasil. Escala: 1:2.500.000. Brasília, 2007.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Bases Digitais Geominas. Escala: 1:2.500.000. 2007.

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Monitoramento da qualidade das águas subterrâneas de Minas Gerais: Guarani e Bambuí. Relatório Guarani 2009-2011 e Bambuí 2005-2011. Belo Horizonte: IGAM, 2013.

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Monitoramento da qualidade das águas subterrâneas de Minas Gerais: Guarani 2009-2013 e Bambuí 2005-2013. Resumo Executivo 2013. Belo Horizonte: IGAM, 2014.

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Monitoramento da Água subterrânea: Período 2014/2015. Resumo Executivo 2016. Belo Horizonte: IGAM, 2016.

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Monitoramento da Água subterrânea: Rede Bacia do Rio das Velhas - Período 2015/2016. Resumo Executivo 2017. Belo Horizonte: IGAM, 2017.