



**SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE  
E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

**INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM**

**PROJETO: MANUTENÇÃO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

**DETALHAMENTO DO PROJETO:**

**COLETAS E ANÁLISES LABORATORIAIS E CARACTERIZAÇÃO  
DA QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS EM MINAS  
GERAIS**

**Belo Horizonte – novembro 2013**



Este documento apresenta o projeto de Manutenção do Programa de Monitoramento das Águas do Estado de Minas Gerais, com o propósito de candidatar-se a financiamento do Fundo de Recuperação, Proteção e Desenvolvimento Sustentável das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais – FHIDRO, tendo, portanto, sido preparado em conformidade com as diretrizes previamente definidas, segundo formulários específicos. O Programa será conduzido sob coordenação da Gerência de Monitoramento Hidrometeorológico – GEMOH – do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM.



## TÍTULO

Manutenção do Programa de Monitoramento das Águas do Estado de Minas Gerais

### 1 GESTÃO DO PROJETO

#### a) Responsável Técnico

Wanderlene Ferreira Nacif

#### b) Proponente (representante legal)

Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM)

#### c) Equipe

##### Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM):

- Wanderlene Ferreira Nacif
- Alice Helena dos Santos Alfeu
- Fernanda Maia Oliveira
- Katiane Cristina de Brito Almeida
- Maria do Carmo Fonte Boa Souza
- Maria Goretti Haussmann
- Maricene Menezes de Oliveira Mattos Paixão
- Matheus Duarte Santos
- Regina Márcia Pimenta de Melo
- Sérgio Pimenta Costa
- Vanessa Kelly Saraiva



## 2 INTRODUÇÃO

O efetivo gerenciamento de recursos hídricos implica na constante avaliação da quantidade e da qualidade da água a fim de que se conheça adequadamente o estado dos recursos hídricos, seu potencial e os possíveis problemas agregados de restrições de uso, disponibilidade, contaminação e poluição. O monitoramento constitui ferramenta fundamental de subsídio e viabilização do planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos. Para que sua implantação adequada seja possível é necessário, não somente as amostragens, análises e produção de resultados analíticos, mas principalmente a partir da elaboração de um banco de dados seguro e confiável e do adequado tratamento dos dados. Neste contexto, o desenvolvimento de projetos de redes de monitoramento dos recursos hídricos tem ganhado cada vez mais importância.

O presente projeto refere-se à manutenção do Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado de Minas Gerais, iniciado no âmbito do "Projeto Águas de Minas" e o aperfeiçoamento do monitoramento quali-quantitativo das águas.

O Programa de Monitoramento das Águas do Estado de Minas Gerais executado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM – é uma das ações da gestão de recursos hídricos, que busca obter informações úteis sobre a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, contribuindo para a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 13.199/99.

O monitoramento qualitativo dos corpos de água do Estado de Minas Gerais foi iniciado na década de 70 pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE, contemplando pontos de amostragem distribuídos nas principais bacias hidrográficas do Estado. Por iniciativa do Governo do Estado de Minas Gerais, a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC. Nessa mesma época, iniciou um monitoramento detalhado nas sub-bacias dos rios das Velhas e Paraopeba, afluentes do rio São Francisco, e na parte mineira da bacia do rio Paraíba do Sul, que se desenvolveu até o final da década de 80. Em 1993, para avaliar a efetividade de ações de controle ambiental do Conselho de Política Ambiental – COPAM – e as tendências de comportamento das águas superficiais, a Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM – reativou o programa de monitoramento das sub-bacias dos rios das Velhas e Paraopeba, consideradas críticas pelo elevado grau desenvolvimento sócio-econômico, onde se insere a Região Metropolitana de Belo Horizonte, desde então. A implantação do "Projeto Águas de Minas" em 1997, representou um marco no sentido de dotar a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD – de informações sobre o estado de preservação e das necessidades de melhorias das condições ambientais do Estado de Minas Gerais. Nesse sentido, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH – determinou a continuidade dos trabalhos no período de 1999 a 2000, com o aporte de recursos do Governo do Estado de Minas Gerais, o IGAM passou a participar, junto à FEAM, da coordenação e execução dos trabalhos, assumindo suas atribuições estatutárias. A partir de 2001, o IGAM assumiu definitivamente a operação do Projeto Águas de Minas.

Desde 2005, o IGAM passou a monitorar os recursos hídricos subterrâneos representados pelos aquíferos cárstico, fissuro-cárstico e fissural, de três sub-bacias pertencentes à Bacia do Rio São Francisco: rios Verde Grande, Riachão e Jequitaiá. Este monitoramento, iniciado com 39 poços profundos, passou a contemplar, atualmente, além de sub-bacias do norte mineiro, os aquíferos Guarani e Bauru.



Os 16 anos de operação da rede de monitoramento da qualidade das águas vêm demonstrando a sua importância no fornecimento de informações básicas necessárias para a definição de estratégias e da própria avaliação da efetividade do Sistema de Gestão Ambiental, sob responsabilidade da SEMAD/COPAM, e para o Planejamento e Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, a cargo do IGAM/CERH.

No contexto do Programa de Monitoramento dos Recursos Hídricos realizado pelo IGAM, esse Projeto vem propor a continuidade da operação do Programa de Monitoramento da qualidade dos Recursos Hídricos, conhecido como "Projeto Águas de Minas" sendo previstas tarefas típicas de monitoramento, ou seja, o planejamento das redes de monitoramento, as coletas, as análises laboratoriais das amostras de águas e a caracterização da qualidade das águas. Esse Programa de Monitoramento é de grande abrangência e que, por isso, exige a definição e operação de um grande número de estações de amostragem. Atualmente são monitorados: águas superficiais, por meio de 590 pontos distribuídos nas 36 UPGRHs do Estado, sedimentos em 2 pontos na lagoa da Pampulha; e águas subterrâneas em 83 pontos, contemplando norte mineiro (sub-bacias SF6, SF9 e SF10) e os aquíferos Guarani e Bauru. Para 2014, está prevista ampliação deste monitoramento, de modo que passarão a ser: 607 pontos de água superficial, 4 pontos de sedimentos e 137 poços de água subterrânea.

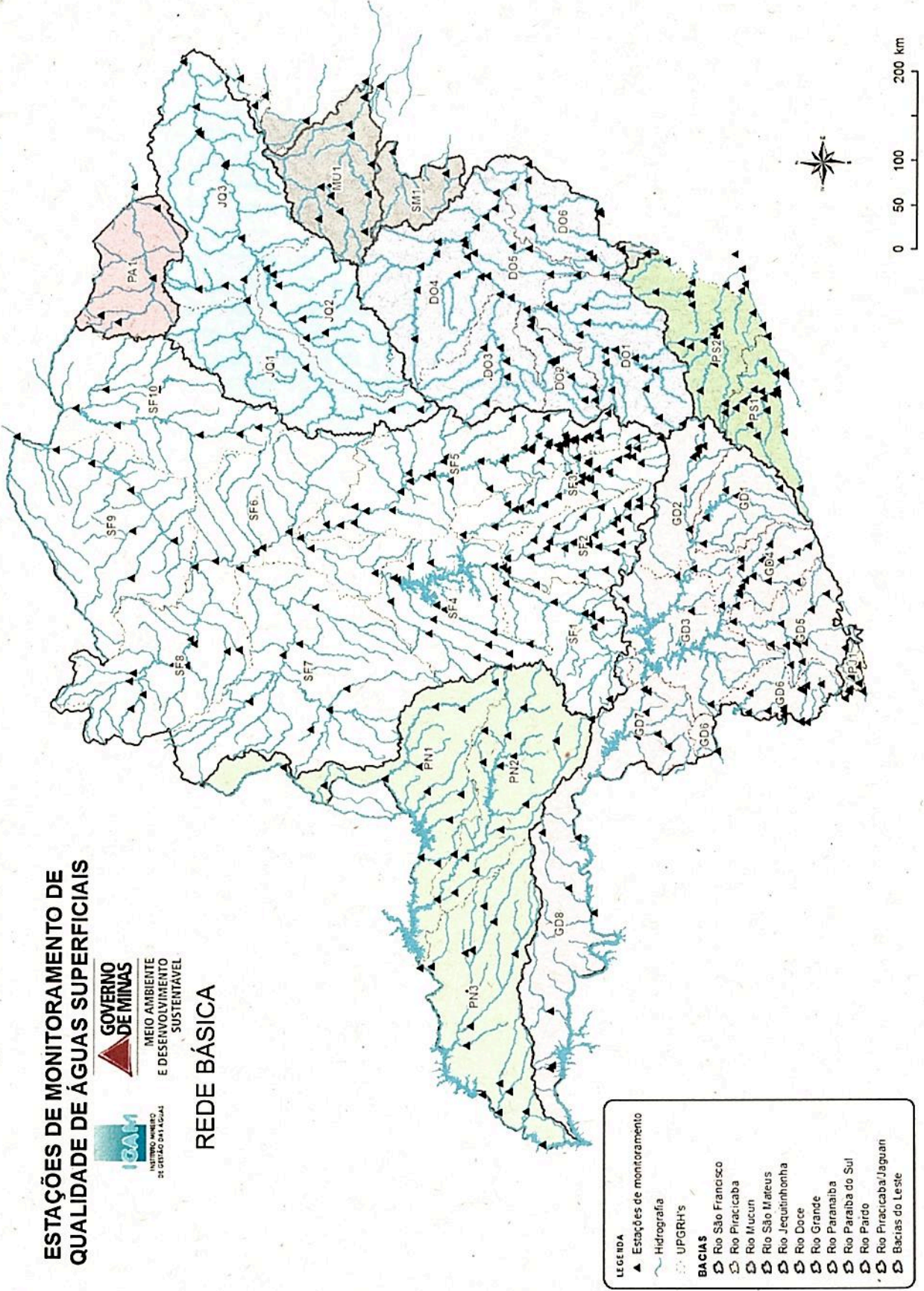
As Figuras 1 e 2 apresentam as redes atuais de monitoramento do IGAM com a distribuição geográfica dos pontos de monitoramento de qualidade das águas superficiais e subterrâneas, respectivamente.

Figura 1: Distribuição da rede de monitoramento de águas superficiais no Estado de Minas Gerais

**ESTACIONES DE MONITORAMENTO DE  
QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS**

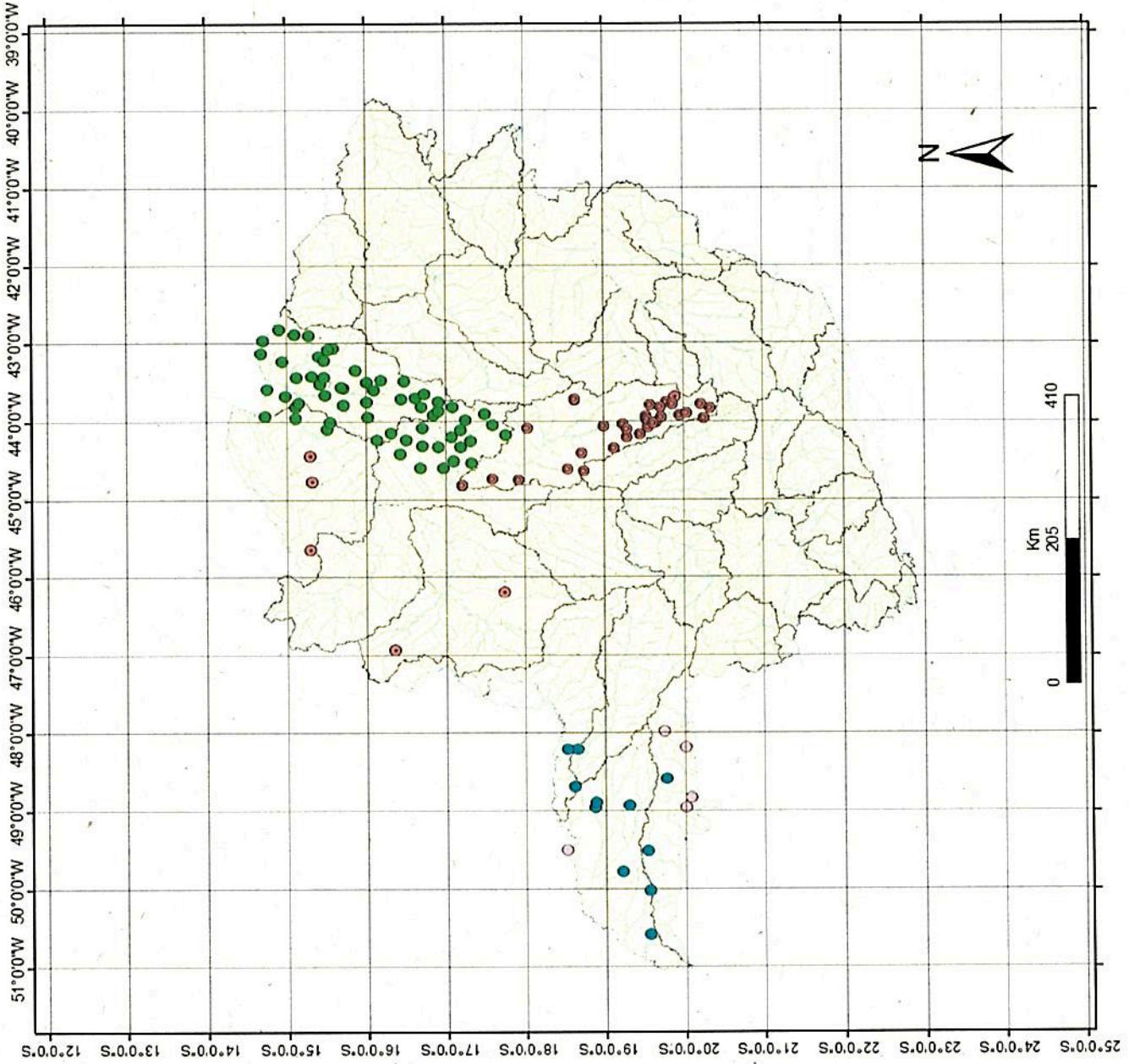


**REDE BÁSICA**



LEGENDA	
▲	Estações de monitoramento
—	Hidrografia
—	UPGRH's
<b>BACIAS</b>	
☐	Rio São Francisco
☐	Rio Piracicaba
☐	Rio Mucun
☐	Rio São Mateus
☐	Rio Jequitinhonha
☐	Rio Doce
☐	Rio Grande
☐	Rio Paranaíba
☐	Rio Paraíba do Sul
☐	Rio Pardo
☐	Rio Piracicaba/Jaguan
☐	Bacias do Leslie

Figura 2: Distribuição da rede de monitoramento de águas subterrâneas no Estado de Minas Gerais



Projeção: South American 1965  
 Datum: South American 1965  
 Fuso Horário: Base das Águas de Minas Gerais  
 Denominação Substrato Hidrogeológico: Bacia  
 2:300.000 (Cadastral e UAI)  
 Escala: IGAM/IBRAM



Instituto Mineiro de  
 Gestão das Águas  
 Diretoria de Pesquisa, Desenvolvimento  
 e Monitoramento das Águas



### 3 JUSTIFICATIVA

O programa de monitoramento da qualidade das águas do Estado, executado pelo IGAM vem atender, além de requisitos legais, à necessidade de geração das informações técnico-científicas para balizar o gerenciamento dos recursos hídricos e ambientais, relacionado estas informações, futuramente, ao uso e ocupação do solo. Do ponto de vista legal, o programa de monitoramento constitui uma das ações previstas na Lei Nº 12.584, de criação do IGAM, mais especificamente em seu Art. 5º inciso X – proceder à avaliação da rede de monitoramento da qualidade das águas no Estado. Este importante instrumento de gestão também foi contemplado pela Política Estadual de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Nº 13.199/99 e fundamentada na Lei Federal Nº 9.433/97.

A contratação dos serviços de coleta e análises laboratoriais de amostras de água prevista neste projeto é indispensável para a continuidade do programa de monitoramento da qualidade das águas do Estado. Esse programa vem possibilitando ao IGAM o conhecimento da situação de qualidade dos corpos de água, seu comportamento, as tendências espaciais e ao longo do tempo e os comprometimentos decorrentes do uso excessivo ou pelo lançamento/disposição de poluentes nos recursos hídricos, sendo uma ferramenta imprescindível para a gestão integrada dos recursos hídricos no Estado de Minas Gerais.

No concernente às demais atribuições do SISEMA, tais como fiscalização ambiental, acompanhamento dos níveis de poluição de efluentes das atividades econômicas, atendimento às emergências e às mortandades de peixes, o monitoramento também é necessário, pois evidencia o grau de contaminação do recurso natural afetado, permitindo ainda, a avaliação das potenciais fontes de poluição e degradação ambiental.

### 4 ÁREA DE ABRANGÊNCIA / LOCALIZAÇÃO

As redes de monitoramento de águas superficiais abrange as principais bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais (Figuras 1 e 2), quais sejam:

- São Francisco (SF1 a SF10)
- Grande (GD1 a GD8)
- Paranaíba (PN1, PN2, PN3)
- Doce (DO1 a DO6)
- Paraíba do Sul (PS1 e PS2)
- Jequitinhonha (JQ1, JQ2 e JQ3)
- Mucuri (MU1)
- Pardo (PA1)
- Piracicaba/Jaguari (PJ1)
- São Mateus (SM1)
- Bacias do Leste\* (Rio Buranhem, Rio Jucuruçu, Rio Itanhém, Rio Peruípe, Rio Itaúnas)
- Bacias Itabapoana/Itapemirim\*

\* Não Constituem UPGRHs

Já a rede de monitoramento de águas subterrâneas abrange atualmente três sub-bacias pertencentes à Bacia do Rio São Francisco, quais sejam: rios Verde Grande, Riachão e Jequitai e também os aquíferos Gurarani e Baurú (Figura 2).





## 5 PÚBLICO ALVO / BENEFICIADOS

Espera-se que a população do Estado de Minas Gerais seja a maior beneficiária, no que diz respeito à melhoria da qualidade da água e do sistema de controle de poluição. Além disso, espera-se que os resultados do programa de monitoramento possam evidenciar o grau de contaminação do recurso natural afetado, permitindo a avaliação das fontes de poluição e degradação ambiental. De um modo geral serão beneficiados:

- Sociedade em geral
- Secretarias de Estado
- Instituições Federais (ANA, CODEVASF, IBAMA)
- Centros de pesquisa
- Comitês de Bacias Hidrográficas
- Universidades
- Usuários de recursos hídricos
- Entidades privadas
- Entidades públicas

## 6 OBJETIVOS

### 6.1 Objetivo Geral

Manutenção e aperfeiçoamento do programa de monitoramento da qualidade das águas do Estado de Minas Gerais

### 6.2 Objetivos Específicos

- Realizar monitoramento em no mínimo 607 pontos de qualidade das águas superficiais no estado de Minas Gerais
- Realizar o monitoramento em no mínimo 137 pontos de qualidade das águas subterrâneas no estado de Minas Gerais

## 7 METODOLOGIA

Os procedimentos técnicos necessários para a realização do monitoramento da qualidade das águas do estado de Minas Gerais efetuado pelo IGAM serão apresentados considerando dois grandes grupos de dados a serem gerados: (1) qualidade das águas superficiais, (2) qualidade das águas subterrâneas.

### 7.1 Qualidade de água superficial – Meta 1

A abrangência dos objetivos a serem atendidos pelo Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas e a grande extensão do estado de Minas Gerais exigiu, até o momento, a definição de 546 estações de amostragem da rede básica de monitoramento distribuídas em todo o seu território. A configuração das redes dirigidas, atualmente com 44 estações de monitoramento privilegia regiões onde a pressão pelo uso e ocupação do solo é mais expressiva, o que determina uma maior densidade de pontos de controle para a pesquisa mais detalhada dos problemas existentes. Considerando ainda a qualidade das águas superficiais, o IGAM inicia a caracterização de sedimentos em ambientes lênticos.

#### 7.1.1 Planejamento das Redes – Etapa 1

Na definição dos locais de coleta, busca-se identificar áreas que caracterizem as condições naturais das águas de cada bacia hidrográfica e as principais interferências antrópicas, especialmente relacionadas à ocupação urbana e às atividades econômicas principais, dentre as quais as industriais, minerárias, de agropecuária e de silvicultura. Além disso, são consideradas as



configurações de redes de monitoramento da qualidade das águas anteriormente operadas em Minas Gerais, bem como dados de alguns processos de licenciamento ambiental da FEAM/COPAM.

A localização dos pontos de coleta, efetuada em escritório, é validada ou revista e adaptada a partir de levantamentos de campo, ocasião em que são efetuados os georreferenciamentos dos pontos utilizando-se mapas e GPS (Global Position System), além de registros fotográficos dos pontos e entorno e da otimização dos roteiros para as futuras campanhas de amostragens.

A rede em operação (macro-rede) foi adequada ao longo da execução dos trabalhos, adotando-se como referência a experiência desenvolvida pelos países membros da União Européia. Assim sendo, estabeleceu-se como meta a razão de uma estação de monitoramento por 1.000 km<sup>2</sup>, que é a densidade média adotada nos mencionados países.

Atualmente e para o monitoramento de águas superficiais, exclusivamente, e considerando-se os níveis de densidade populacional e infra-estrutura industrial, a rede em operação no Estado possui uma representatividade superior àquela empregada pela União Européia. Contudo, trata-se de uma macro-rede de monitoramento, permanecendo com abrangência regional para caracterização da qualidade de água.

A rede de monitoramento está em constante ampliação, visando à otimização do monitoramento e a maior abrangência possível no Estado, de modo a identificar as regiões onde são dominantes as pressões ambientais decorrentes de atividades industriais, minerárias, agro-pecuárias, de silvicultura, de saneamento, de infra-estrutura e outras, que, em muitos casos, exigem uma caracterização mais localizada e particularizada da qualidade das águas.

Faz parte do aprimoramento do monitoramento da qualidade das águas superficiais de ambientes lânticos, a ampliação da caracterização dos sedimentos.

Prevê-se, durante a etapa de planejamento anual da rede a introdução de 10 novos pontos de monitoramento por ano a partir de 2015, o período de vigência deste projeto. Sendo assim, ao final de 2016 a rede de monitoramento de água superficial contará com aproximadamente 627 pontos de monitoramento. Ressalta-se que pode haver uma pequena variação no número final de pontos monitorados em função da verificação em campo das condições dos locais de coletas, da avaliação dos resultados do monitoramento e reavaliação das redes em operação.

### **7.1.2 Amostragem: - Etapa 2**

Serão realizadas amostragens em pontos localizados nas bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Grande, Paranaíba, Doce, Jequitinhonha, Paraíba do Sul, Mucuri, Pardo; Piracicaba/Jaguari e bacias do Leste.

As coletas de água superficial serão, na sua maioria, do tipo simples, sendo as amostragens executadas na superfície e na corrente principal do corpo de água, quando em ambientes lânticos. Enquanto que as amostragens de sedimentos se limitarão, em 2014, aos ambientes lânticos.

As amostragens serão executadas por laboratório contratado, que também será o responsável pela realização das análises laboratoriais. O laboratório deverá ser acreditado, para as amostragens, como também para os ensaios realizados, nos termos da ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), para no mínimo 50% dos parâmetros contemplados. Para os demais parâmetros, este laboratório deverá ainda, ser homologado, para as amostragens e ensaios realizados junto à Rede Metrológica de âmbito estadual integrante do Fórum de Redes Estaduais e que disponha de um sistema de reconhecimento da competência de laboratórios com base nos requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005.



As técnicas de amostragem e preservação de água, sedimentos e comunidades aquáticas seguirão as prescrições do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos da ANA - Agência Nacional das Águas 2012, ou as normas do APHA – Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, última edição ou ainda normas aplicáveis da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

As campanhas de amostragem serão precedidas de reunião de planejamento entre técnicos do laboratório contratado e técnicos da Gerencia de Monitoramento Hidrometeorológico do IGAM. Prevê-se a realização de 5 (cinco) reuniões de planejamento de coleta anuais.

#### **7.1.2.1 Periodicidade de coleta**

O programa de monitoramento, como planejado, inclui a configuração de uma rede de tendências, que fornece informações do desenvolvimento da situação de qualidade ao longo do tempo. Em vista disso e da necessidade de se obter um conhecimento da variação da qualidade das águas nas diversas estações climáticas do ano, foi adotada a frequência mínima de amostragem semestral. No entanto, em alguns casos, a amostragem de águas superficiais possui frequência trimestral e/ou mensal.

#### **7.1.2.2 Estações de amostragem**

A tabela 1 apresenta a relação das estações de amostragem de águas superficiais, considerando as diferentes redes adotadas no programa de monitoramento para estas águas no âmbito do Estado.



**Tabela 1- Pontos de Coleta para Ensaios Físico-Químicos, Bacteriológicos e Testes ecotoxicológicos - Águas Superficiais**

Piracicaba -Jaguari	Jequitinhonha, Pardo e Mucuri	Leste Mineiro	Paraíba do Sul	Paranaíba	Paraopeba	São Francisco Norte	São Francisco Norte
PJ001	JE001	BU001	BS002	PB001	BP022	PT001	VG007
PJ003	JE002	BU002	BS006	PB002	BP024	PT003	VG009
PJ006	JE003	JU001	BS017	PB003	BP026	PT005	VG011
PJ009	JE004	JU003	BS018	PB005	BP027	PT007	SFH11
PJ012	JE005	IN001	BS024	PB007	BP029	PT009	SFH13
PJ015	JE006	SM001	BS026	PB009	BP032	PT010	SFH17
PJ018	JE007	SM003	BS027	PB011	BP036	PT011	SFH21
PJ021	JE008	IB001	BS028	PB013	BP066	PT013	SFH23
PJ024	JE009	IB003	BS029	PB015	BP068	SF012	SFH24
	JE010	IU001	BS030	PB017	BP069	SF014	SFJ01
	JE011	IP001	BS031	PB019	BP070	SF018	SFJ04
	JE012	IP003	BS032	PB021	BP071	SF019	SFJ05
	JE013	PE001	BS033	PB022	BP072	SF020	SFJ06
	JE014		BS038	PB023	BP073	SF021	SFJ12
	JE015		BS042	PB025	BP074	SF022	SFJ14
	JE016		BS043	PB027	BP075	SF023	SFJ15
	JE017		BS046	PB029	BP076	SF024	SFJ16
	JE018		BS049	PB031	BP078	SF025	SFJ17
	JE019		BS050	PB033	BP079	SF026	SFJ18
	JE020		BS051	PB034	BP080	SF027	SFJ20
	JE021		BS052	PB035	BP081	SF028	SFJ21
	JE022		BS055	PB036	BP082	SF029	SFJ22
	JE023		BS054	PB037	BP083	SF031	SFJ23
	JE024		BS056	PB038	BP084	SF033	PTE001
	JE025		BS057	PB039	BP085	SF034	PTE003
	MU001		BS058	PB040	BP086	SF040	PTE005
	MU002		BS059	PB041	BP088	SFC001	PTE007
	MU003		BS060	PB042	BP090	SFC005	PTE009
	MU005		BS061	PB043	BP092	SFC035	PTE011
	MU006		BS062	PB044	BP094	SFC145	PTE013
	MU007		BS070	PB045	BP096	SFC200	PTE015
	MU008		BS071	PB046	BP098	UR001	PTE017
	MU009		BS072	PB047	BP099	UR007	PTE019
	MU011		BS073	PB048		UR009	PTE021
	MU013		BS074	PB049		UR010	PTE023
	MU014		BS075	PB050		UR011	PTE025
	PD001		BS077	PB051		UR012	PTE027
	PD002		BS079	PB052		UR013	PTE029
	PD003		BS081	PB053		UR014	PTE031
	PD004		BS083	PB054		UR015	PTE033
	PD005		BS085	PB055		UR016	PTE035
			BS088	PB056		UR017	PTE037
			BS090	PB057		VG001	
			BS095			VG003	
						VG004	
						VG005	

Tabela 2- Pontos de Coleta para Ensaio Físico-Químicos, Bacteriológicos e Testes ecotoxicológicos - Águas Superficiais (continuação)



Velhas		Doce		Grande		São Francisco Sul		Pampulha	CAMG
AV007	BV148	RD001	RD082	BG001	BG057	PA001	SF046	PV005	CA002 S
AV010	BV149	RD004	RD083	BG003	BG058	PA002	SF048	PV010	CA006 S
AV020	BV150	RD007	RD084	BG005	BG059	PA003	SF050	PV020	CA007
AV050	BV151	RD009	RD085	BG007	BG061	PA004	SF052	PV030	CA009
AV060	BV152	RD013	RD086	BG008	BG063	PA005	SF054	PV037	
AV070	BV153	RD018	RD087	BG009	BG065	PA007	SF056	PV040	
AV080	BV154	RD019	RD088	BG011	BG067	PA009	SF058	PV045	
AV160E	BV155	RD021	RD089	BG012	BG069	PA010	SF060	PV055	
AV180E	BV156	RD023	RD090	BG013	BG071	PA011		PV060	
AV200	BV157	RD025	RD091	BG014	BG073	PA013		PV065	
AV210	BV158	RD026	RD092	BG015	BG075	PA015		PV070	
AV250	BV159	RD027	RD093	BG017	BG077	PA017		PV075	
AV300	BV160	RD029	RD094	BG019	BG079	PA019		PV080	
AV320	BV161	RD030	RD095	BG021	BG081	PA020		PV085	
AV340	BV162	RD031	RD096	BG023	BG083	PA021		PV090	
BV001	SC03	RD032	RD097	BG024	BG086	PA022		PV105	
BV010	SC10	RD033	RD098	BG025	BG087	PA023		PV110	
BV013	SC12	RD034	RD099	BG026	BG089	PA024		PV115	
BV035	SC13	RD035		BG027	BG091	PA025		PV125	
BV037	SC14	RD039		BG028	BG093	PA026		PV130	
BV041	SC16	RD040		BG029	BG095	PA028		PV135	
BV062	SC17	RD044		BG030	BG096	PA029		PV140	
BV063	SC19	RD045		BG031	BG097	PA031		PV145	
BV067	SC21	RD049		BG032	BG098	PA032		PV150	
BV070	SC22	RD053		BG033	BG099	PA034		PV155	
BV076	SC23	RD056		BG034	BG100	PA036		PV160	
BV080	SC24	RD057		BG035		PA040		PV167	
BV081	SC25	RD058		BG036		PA042		PV175	
BV083	SC26	RD059		BG037		PA044		PV180	
BV085	SC27	RD064		BG038		SF001		PV185	
BV105	SC28	RD065		BG039		SF002		PV190	
BV130	SC30	RD067		BG040		SF003		PV200	
BV133	SC33	RD068		BG041		SF004		PV205	
BV135	SC39	RD069		BG042		SF005		PV210	
BV136		RD070		BG043		SF006		PV220	
BV137		RD071		BG044		SF007		PV230	
BV138		RD072		BG045		SF008		PV235	
BV139		RD073		BG046		SF009		PV240	
BV140		RD074		BG047		SF010			
BV141		RD075		BG048		SF011			
BV142		RD076		BG049		SF013			
BV143		RD077		BG050		SF015			
BV144		RD078		BG051		SF016			
BV145		RD079		BG052		SF017			
BV146		RD080		BG053		SF042			
BV147		RD081		BG055		SF044			



### **Análises Laboratoriais de Caracterização - Etapa 3**

Os métodos de ensaio deverão seguir as normas do APHA - Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water – última edição, ou as normas da ABNT. Os limites de detecção dos métodos de análise deverão, na medida das possibilidades técnicas, ser compatíveis com os padrões definidos para a classe 2 de enquadramento da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008 e Resolução CONAMA 357/2005 ou normas que venham a substituí-las.

O ensaio de toxicidade crônica será realizado em conformidade com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT - NBR 13373/1995 e 12713/2006 que dispõem sobre a avaliação de toxicidade crônica e aguda, utilizando *Ceriodaphnia Dúbia Richard*, (Cladocera, crustácea) – Método de ensaio.

A análise dos sedimentos consistirá na análise qualitativa realizada por Fluorescência de Raios X e posterior análise quantitativa de As, Cd, Pb, Cu, Hg, Ni e outros elementos detectados na varredura com exceção de Au, K, Ca, Na, Mg e Si. A análise quantitativa consistirá na digestão total multiácida e leitura em ICP OES e absorção atômica com chama, além da determinação do Arsênio por geração de hidretos e mercúrio por vapor frio.

Os indicadores hidrobiológicos, fitoplâncton e zoobênton, serão determinados através de exames qualitativos e quantitativos. Os resultados analíticos do plâncton serão consistidos e expressos através da composição qualitativa (riqueza ou número de "taxa") e quantitativa (densidade) dos grupos de organismos. Os resultados analíticos do zoobênton também serão expressos pela composição qualitativa e quantitativa dos grupos.

A entrega de resultados das diferentes campanhas será precedida de reuniões de para discussão dos resultados obtidos entre técnicos do laboratório contratado e técnicos da Gerência de Monitoramento Hidrometeorológico do IGAM. Prevê-se a realização de 5 (cinco) reuniões anuais para as entregas dos resultados das campanhas de análise.

#### **7.1.3.1 Parâmetros Analisados**

De um modo geral, foram adotados parâmetros de monitoramento que permitem caracterizar a qualidade da água e dos sedimentos e o grau de contaminação dos corpos de água do estado de Minas Gerais. No monitoramento, são analisados parâmetros físicos, químicos, microbiológicos, hidrobiológicos e ensaios de Ecotoxicidade de qualidade de água, levando em conta os mais representativos, os quais são relatados a seguir:

- a) Parâmetros Físico-Químicos: alcalinidade total, alcalinidade de bicarbonato, dureza de cálcio, dureza de magnésio, dureza total, pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>), demanda química de oxigênio (DQO), série de nitrogênio (orgânico, amoniacal, nitrato e nitrito), fósforo total, fluoretos, substâncias tensoativas, óleos e graxas, cianeto livre, fenóis totais, cloretos, potássio total, silício, sódio total, sulfato total; sulfetos, magnésio dissolvido, ferro dissolvido e total, manganês total, alumínio total, zinco total, bário total, cádmio total, cálcio dissolvido, boro total, arsênio total, níquel total, chumbo total, cobre total, cromo total, selênio total, mercúrio total e cianotoxinas.
- b) Parâmetros Físicos: turbidez, STD – sólidos totais dissolvidos, CE, Eh, temperatura e cor.
- c) Parâmetros microbiológicos: coliformes termotolerantes, coliformes totais, estreptococos totais e *Escherichia coli*.
- d) Parâmetro hidrobiológico: clorofila-a, densidade de cianobactérias e macroinvertebrados bentônicos.



- e) Ensaio de Ecotoxicidade: crônica com Ceriodaphnia dubia.
- f) A análise dos sedimentos: análise quantitativa de As, Cd, Pb, Cu, Hg, Ni e outros elementos detectados na varredura com exceção de Au, K, Ca, Na, Mg e Si.

#### **7.1.3.2 Periodicidade de análises:**

Com o propósito de otimizar a utilização dos recursos, foram definidas dois tipos de campanhas distintas: as completas e as intermediárias.

As Campanhas Completas ocorrem nos períodos críticos de fluxo das águas e têm o propósito de avaliar problemas específicos normalmente associados às cheias, período de janeiro a março, e estiagens, julho a setembro. Estes levantamentos englobam 52 (cinquenta e dois) parâmetros indicadores da qualidade das águas.

Nas campanhas intermediárias, realizadas nos meses abril/maio/junho e outubro/novembro/dezembro, caracterizando os demais períodos climáticos do ano, são analisados 19 parâmetros genéricos em todos os pontos, além daqueles característicos das fontes poluidoras que contribuem para a área de drenagem da estação de coleta. Em alguns pontos de monitoramento são analisados ainda os parâmetros densidade de cianobactérias, cianotoxinas, ensaios de toxicidade crônica e macroinvertebrados bentônicos, sendo que para este último a frequência é anual.

Todavia, nas estações de amostragem situadas em trechos de corpos de água, cuja qualidade já se encontra comprometida pela ação de atividades econômicas, as avaliações são mais detalhadas, de modo que, nas campanhas intermediárias, também é incluída a pesquisa de parâmetros associados ao potencial de poluição dos respectivos lançamentos de efluentes líquidos.

A Tabela 2 apresenta os ensaios laboratoriais realizados no programa de monitoramento de águas superficiais.



**Tabela 2 – Ensaio Físico-Químicos, Bacteriológicos e Hidrobiológicos das águas superficiais por roteiro de coletas**

Parâmetro (Água Superficial)	Roteiros									
	Doce		Grande		J, P, M		Piracicaba-Jaguari		Leste	
	Camp 1 e 3	Camp 2 e 4	Camp 1 e 3	Camp 2 e 4	Camp 1 e 3	Camp 2 e 4	Camp 1 e 3	Camp 2 e 4	Camp 1 e 3	Camp 2 e 4
Clorofila "a"	90	90	72	72	41	41	9	9	13	13
Coliformes totais	90	90	72	72	41	41	9	9	13	13
E. coli	90	90	72	72	41	41	9	9	13	13
Densidade de cianobactérias	54	54	32	32	9	9	3	3	6	6
Estreptococos fecais	64	0	0	72	41	0	0	0	13	0
Feofitina	90	90	72	72	41	41	9	9	13	13
Fitoplâncton (quali/quantit)	49	49	32	32	9	9	3	3	6	6
Toxicidade Crônica	13	13	50	50	9	9	1	1	7	7
Zoobênton (quali/quantit)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Microcistinas**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Saxitoxinas**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alcalinidade (total, bicarbonato)	64	0	0	72	41	0	0	0	13	0
Cálcio total	64	0	0	72	41	0	0	0	13	0
Cianeto livre	64	29	35	72	41	5	1	1	13	
Cloreto total	90	90	72	72	41	41	9	9	13	13
Condutividade elétrica (in Loco)	90	90	72	72	41	41	9	9	13	13
Cor verdadeira	64	6	54	72	41	37	1	1	13	7
DBO	90	90	72	72	41	41	9	9	13	13
DQO	90	90	72	72	41	41	9	9	13	13
Durezas (total, Ca, Mg)	64	0	17	72	41	0	0	0	13	0
Fenóis totais	64	20	49	72	41	33	1	1	13	13
Fósforo total	90	90	72	72	41	41	9	9	13	13
Magnésio total	64	0	0	72	41	0	0	0	13	0
Nitrato	90	90	72	72	41	41	9	9	13	13
Nitrito	64	16	6	72	41	9	0	0	13	6
Nitrogênio amoniacal total	90	90	72	72	41	41	9	9	13	13
Nitrogênio orgânico	90	50	6	72	41	9	0	0	13	6
Óleos e graxas	64	6	31	72	41	9	1	1	13	7
Oxigênio dissolvido (in Loco)	90	90	72	72	41	41	9	9	13	13
pH in loco	90	90	72	72	41	41	9	9	13	13
Sólidos dissolvidos totais	90	90	72	72	41	41	9	9	13	13
Sólidos suspensos totais	90	90	72	72	41	41	9	9	13	13
Sólidos totais	90	90	72	72	41	41	9	9	13	13
Substâncias tensoativas	64	11	18	72	41	0	0	0	13	7
Sulfato total	64	0	0	72	41	0	0	0	13	
Sulfeto	64	23	21	72	41	0	0	0	13	0
Temperatura da água/ar (in Loco)	90	90	72	72	41	41	9	9	13	13
Turbidez (in Loco)	90	90	72	72	41	41	9	9	13	13
Alumínio dissolvido	64	33	0	72	41	0	0	0	13	1
Arsênio total	64	19	15	72	41	0	0	0	13	1
Bário total	64	0	1	72	41	0	0	0	13	0
Boro total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cádmio total	64	28	52	72	41	10	0	0	13	0
Chumbo total	64	35	67	72	41	14	0	0	13	9
Cobre dissolvido	90	90	19	72	41	21	0	0	13	4
Cromo total	64	14	60	72	41	0	0	0	13	0
Estanho total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ferro dissolvido	64	55	58	72	41	36	0	0	13	0
Ferro total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Manganês total	64	47	41	72	41	38	0	0	13	0
Mercúrio total	64	11	42	72	41	17	0	0	13	8
Níquel total	64	28	39	72	41	21	0	0	13	0
Potássio dissolvido	64	0	0	72	41	0	0	0	13	0
Selênio total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sódio dissolvido	64	0	0	72	41	0	0	0	13	0
Zinco total	64	27	40	72	41	4	0	0	13	0





**Tabela 2 – Ensaio Físico-Químicos, Bacteriológicos e Hidrobiológicos das Águas superficiais por roteiro de coletas (continuação...)**

Parâmetro (Água Superficial)	Roteiros									
	Paraíba do Sul		Paranaíba		Paraopeba		São Francisco Norte		São Francisco Sul	
	Camp 1 e 3	Camp 2 e 4	Camp 1 e 3	Camp 2 e 4	Camp 1 e 3	Camp 2 e 4	Camp 1 e 3	Camp 2 e 4	Camp 1 e 3	Camp 2 e 4
Clorofila "a"	44	44	43	43	33	33	88	88	54	54
Coliformes totais	44	44	43	43	33	33	88	88	54	54
E. coli	44	44	43	43	33	33	88	88	54	54
Densidade de cianobactérias	8	8	16	16	7	7	29	29	19	19
Estreptococos fecais	44	0	43	0	33	0	88	0	54	0
Feofitina	44	44	43	43	33	33	88	88	54	54
Fitoplâncton (quali/quant)	8	8	16	16	7	7	29	29	19	19
Toxicidade Crônica	7	7	27	27	4	4	46	46	3	3
Zoobênton (quali/quant)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Microcistinas**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Saxitocinas**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alcalinidade (total, bicarbonato)	44	0	43	0	33	0	88	14	54	0
Clorido total	44	0	43	0	33	0	88	14	54	0
Plâncton livre	44	23	43	13	33	15	88	34	54	37
Cloreto total	44	44	43	43	33	33	88	88	54	54
Condutividade elétrica (in Loco)	44	44	43	43	33	33	88	88	54	54
Cor verdadeira	44	23	43	32	33	33	88	70	54	36
DBO	44	44	43	43	33	33	88	88	54	54
DQO	44	44	43	43	33	33	88	88	54	54
Durezas (total, Ca, Mg)	44	0	43	0	33	0	88	20	54	4
Fenóis totais	44	33	43	28	33	31	88	83	54	54
Fluoreto ionizado	0	0	0	0	0	0	49	0	0	0
Fósforo total	44	44	43	43	33	33	88	88	54	54
Magnésio total	44	0	43	0	33	0	74	0	54	0
Nitrato	44	44	43	43	33	33	88	88	54	54
Nitrito	44	4	43	6	33	33	88	37	54	16
Nitrogênio amoniacal total	44	44	43	43	33	33	88	88	54	54
Nitrogênio orgânico	44	4	43	2	33	33	88	29	54	16
Óleos e graxas	44	11	43	11	33	1	88	33	54	7
Oxigênio dissolvido (in Loco)	44	44	43	43	33	33	88	88	54	54
pH in loco	44	44	43	43	33	33	88	88	54	54
Sólidos dissolvidos totais	44	44	43	43	33	33	88	88	54	54
Sólidos suspensos totais	44	44	43	43	33	33	88	88	54	54
Sólidos totais	44	44	43	43	33	33	88	88	54	54
Substâncias tensoativas	44	27	43	5	33	11	88	36	54	51
Sulfato total	44	0	43	1	33	0	88	10	54	0
Sulfeto	44	15	43	0	33	11	88	5	54	48
Temperatura da água/ar (in Loco)	44	44	43	43	33	33	88	88	54	54
Turbidez (in Loco)	44	44	43	43	33	33	88	88	54	54
Alumínio dissolvido	44	28	43	8	33	0	88	0	54	0
Arsênio total	44	3	43	6	33	5	88	31	54	6
Bário total	44	2	43	1	33	2	88	9	54	0
Boro total	0	0	0	0	0	0	6	22	0	0
Cádmio total	44	14	43	31	33	33	88	50	54	32
Chumbo total	44	26	43	23	33	19	88	56	54	39
Cobre dissolvido	44	23	43	29	33	10	88	54	54	35
Cromo total	44	10	43	16	33	33	88	29	54	38
Estanho total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ferro dissolvido	44	32	43	15	33	33	88	45	54	37
Ferro total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Manganês total	44	21	43	13	33	33	88	76	54	33
Mercúrio total	44	8	43	6	33	0	88	28	54	23
Níquel total	44	3	43	7	33	8	88	11	54	34
Potássio dissolvido	44	0	43	0	33	0	88	0	54	0
Selênio total	1	1	0	0	33	3	6	0	0	0
Sódio dissolvido	44	0	43	0	33	0	88	0	54	0
Zinco total	44	17	43	11	33	15	88	30	54	32



**Tabela 1 – Ensaios Físico-Químicos, Bacteriológicos e Hidrobiológicos das águas superficiais por roteiro de coletas (continuação...)**

(Água Superficial)	Roteiros									
	Velhas				Pampulha		CAMG		Pontos Novos	
	Camp 4 2013	Camp 1 2014	Camp 2 2014	Camp 3 014	Camp 1 e 3	Camp 2 e 4	Camp 1 e 3	Camp 2 e 4	Camp 1 e 3	Camp 2 e 4
Clorofila "a"	124	125	122	125	46	46	4	4	10	10
Coliformes totais	124	125	122	125	46	46	4	4	10	10
E. coli	124	125	122	125	46	46	4	4	10	10
Densidade de cianobactérias	71	72	69	72	13	13	2	2	0	0
Estreptococos fecais	0	0	13	80	0	0	0	0	0	0
Feofitina	124	125	122	125	46	46	4	4	10	10
Fitoplâncton (quali/quant)	27	27	25	27	13	13	2	2	0	0
Perfil Térmico	2	2	0	2	0	0	2	2	0	0
Toxicidade Crônica	27	27	27	27	0	0	4	4	0	0
Transparência da Água	2	2	0	2	0	0	2	2	0	0
Zoobênton (quali/quant)	0	0	0	37	2*	0	4*	0	0	0
Zooplâncton (quant/quali)	2	2	0	2	0	0	2	0	0	0
Microcistinas**	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0
Saxitocinas**	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0
Alcalinidade (total, bicarbonato)	27	27	14	80	38	0	0	0	0	0
Cálcio total	35	35	20	80	38	0	0	0	10	
Cianeto livre	90	91	75	125	46	46	0	0	10	
Cloreto total	124	125	122	125	46	46	4	4	10	10
Condutividade elétrica (in Loco)	124	125	122	125	46	46	4	4	10	10
Cor verdadeira	71	71	69	80	38	11	4	4	10	10
DBO	124	125	122	125	46	46	4	4	0	0
DQO	124	125	122	125	46	46	4	4	10	10
Durezas (total, Ca, Mg)	36	36	23	80	38	0	4	4	0	0
Fenóis totais	124	125	117	125	46	46	4	4	10	10
Fluoreto ionizado	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Fósforo total	124	125	122	125	46	46	4	4	10	10
Magnésio total	15	15	0	80	38	0	0	0	10	10
Nitrato	124	125	122	125	46	46	4	4	10	10
Nitrito	124	125	115	125	46	19	4	4	0	0
Nitrogênio amoniacal total	124	125	122	125	46	46	4	4	10	10
Nitrogênio orgânico	40	40	25	80	38	38	4	4	10	10
Óleos e graxas	64	64	57	80	38	38	4	4	10	10
Oxigênio dissolvido(in Loco)	124	125	122	125	46	46	4	4	10	10
pH in loco	124	125	122	125	46	46	4	4	0	0
Sólidos dissolvidos totais	124	125	122	125	46	46	4	4	10	10
Sólidos sedimentáveis	0	0	0	0	38	0	4	4	10	10
Sólidos suspensos totais	124	125	122	125	46	46	4	4	10	10
Sólidos totais	124	125	122	125	46	46	4	4	0	0
Substâncias tensoativas	64	64	52	80	38	0	4	4	0	0
Sulfato total	22	22	8	80	38	0	0	0	10	
Sulfeto	22	22	7	80	38	0	0	0	10	10
Temp. da água/ar(in Loco)	124	125	122	125	46	46	4	4	0	0
Turbidez(in Loco)	124	125	122	125	46	46	4	4	0	0
Alumínio dissolvido	20	20	7	78	0	0	1	1	0	0
Arsênio dissolvido	68	69	68	91	0	0	0	0	0	0
Arsênio total	83	84	73	125	38	0	0	0	0	0
Bário total	20	20	7	78	0	0	0	0	10	10
Boro total	13	13	0	13	0	0	0	0	0	0
Cádmio total	52	52	42	78	38	0	1	1	0	0
Chumbo total	114	115	105	123	46	46	3	3	10	10
Cobre dissolvido	115	116	115	123	46	46	4	4	10	10
Cromo total	85	86	76	123	38	38	3	3	0	0
Estanho total	0	0	0	0	38	0	0	0	0	0
Ferro dissolvido	73	73	71	80	38	38	4	4	0	0
Ferro total	23	23	21	23	0	0	0	0	0	0
Manganês total	57	57	55	80	38	38	4	4	10	10
Mercurio total	28	28	21	78	38	0	0	0	0	0
Metais em sedimentos	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0
COT em sedimentos	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0
Fósforo total em sedimentos	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0
Nitrogênio kjeldahl total em sedimentos	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0
Niquel total	45	45	39	80	38	0	3	3	0	0
Potássio dissolvido	20	20	7	78	0	0	0	0	0	0
Selênio total	15	15	3	15	0	0	0	0	0	0
Sódio dissolvido	20	20	7	78	0	0	0	0	0	0
Zinco total	114	115	105	123	46	46	3	3	0	0