



INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS

## **PROJETO BÁSICO**

# **Instrumentação e Operação do Sistema de Monitoramento de Águas Superficiais e Subterrâneas na Bacia do Alto São Francisco**

**Junho de 2012**

## **1. IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO**

**Título:** Instrumentação e Operação do Sistema de Monitoramento de Águas Superficiais e Subterrâneas na Bacia do Alto São Francisco

**Localização:** Bacia do Rio São Francisco

**UF:** Minas Gerais e Distrito Federal

**Duração:** 50 meses

**Início/Término:** Junho/2010 a Dezembro/2014

## **2. JUSTIFICATIVA DA PROPOSIÇÃO**

O Rio São Francisco vem sofrendo processos de degradação ambiental afetando a vida na bacia, pela retirada das matas ciliares, assoreamento, lançamento de esgoto e lixo e outros danos, que há anos vêm comprometendo a qualidade das águas. Além disso, o uso indiscriminado de agrotóxicos, bem como o lançamento de despejos tóxicos nos corpos de água, contribuem para acelerar os processos de degradação ambiental.

Diante destes problemas, surge a necessidade de gerir os recursos ainda disponíveis, bem como recuperar aqueles já comprometidos. Com esse intuito, o Programa de Revitalização da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, do Governo Federal, busca a partir da execução de cinco linhas de ações prioritárias (gestão e monitoramento, agenda socioambiental, proteção e uso sustentável de recursos hídricos, qualidade de saneamento ambiental e economias sustentáveis) recuperar, conservar, preservar o meio ambiente e aumentar a quantidade e qualidade da água ofertada.

Nesse contexto, o monitoramento dos recursos hídricos destaca-se por permitir avaliar e acompanhar a condição da qualidade da água da bacia, viabilizando a efetivação do programa de revitalização em todas as suas ações prioritárias, além de instalar e operar um sistema de alerta de eventos críticos no alto curso do Rio das Velhas, visando ampliar o máximo possível o tempo entre a emissão do alerta e o início dos transtornos decorrentes, tais como inundações, deslizamentos e desastres ambientais decorrentes, e com isto minimizar ao máximo a perda de vidas humanas e danos ambientais.

## **3. OBJETIVO GERAL**

Instrumentar e operar o Sistema de Monitoramento de Águas Superficiais e Subterrâneas na Bacia do Rio São Francisco.

#### 4. METAS E ATIVIDADES

O projeto compreende as seguintes METAS e atividades a seguir relacionadas:

**META 1** - Aperfeiçoamento da rede de monitoramento de qualidade das águas superficiais e de sedimentos da bacia do Alto São Francisco.

ATIVIDADES:

- 1.1- Definir pontos de amostragem em escritório.
- 1.2- Adquirir equipamentos.
- 1.3- Fazer reconhecimento em campo das novas estações de amostragem.
- 1.4- Realizar campanhas de coleta de água superficial, sedimentos e medição de descarga líquida.
- 1.5- Realizar análises de laboratório.
- 1.6- Incorporar os resultados em banco de dados com tratamento e consistência.
- 1.7- Realizar caracterização da condição de qualidade das águas e sedimentos.
- 1.8- Realizar tratamento de imagens necessárias para o levantamento de uso e ocupação do solo.
- 1.9- Realizar estudos de campo para levantar características de uso e ocupação do solo e detectar fontes potenciais de poluição na área estudada.
- 1.10- Elaborar mapa de uso e cobertura do solo.

**META 2** - Modernização do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas das Sub-bacias dos Rios Verde Grande, Riachão e Jequitai

ATIVIDADES:

- 2.1- Definir poços de amostragem em escritório.
- 2.2- Adquirir equipamentos.
- 2.3- Fazer reconhecimento em campo dos novos poços de amostragem.
- 2.4- Levantar características de uso e ocupação do solo, do uso de agrotóxicos e detectar fontes potenciais de poluição na área estudada.
- 2.5- Realizar campanhas de coleta de amostras águas subterrâneas.
- 2.6- Realizar análises de laboratório.
- 2.7- Incorporar os resultados em banco de dados com tratamento e consistência.
- 2.8- Realizar a caracterização da condição de qualidade das águas subterrâneas.
- 2.9- Realizar tratamento de imagens necessárias para o levantamento de uso e ocupação do solo.
- 2.10- Realizar estudos de campo para levantar características de uso e ocupação do solo e detectar fontes potenciais de poluição na área estudada.
- 2.11- Elaborar mapa de uso e cobertura do solo.

**META 3** - Estruturação da rede de monitoramento das águas subterrâneas na bacia do Rio das Velhas

ATIVIDADES:

- 3.1- Realizar o levantamento de dados relacionados a poços tubulares existentes na bacia, bem como de poços de usuários cadastrados no IGAM.
- 3.2- Adquirir equipamentos.
- 3.3- Levantar as características geológicas, hidrogeológicas e dos solos da região em estudos já existentes e as informações de poços levantados, uso e ocupação do solo e detecção de fontes potenciais de poluição.
- 3.4- Definir poços de amostragem em escritório.
- 3.5- Fazer reconhecimento em campo dos novos poços de amostragem.
- 3.6- Realizar campanhas de coleta de amostras águas subterrâneas e medições “in loco”.
- 3.7- Realizar análises de laboratório.
- 3.8- Incorporar os resultados em banco de dados com tratamento e consistência.
- 3.9- Realizar caracterização da condição de qualidade das águas subterrâneas e propor um plano de monitoramento permanente de qualidade de águas subterrâneas.
- 3.10- Realizar tratamento de imagens necessárias para o levantamento de uso e ocupação do solo.
- 3.11- Realizar estudos de campo para levantar características de uso e ocupação do solo e detectar fontes potenciais de poluição na área estudada.
- 3.12- Elaborar mapa de uso e cobertura do solo.

**META 4** - Instalação e operação de um Sistema de Alerta de Eventos Críticos no Alto Curso do Rio das Velhas.

ATIVIDADES:

- 4.1- Identificar os pontos críticos.
- 4.2- Ampliar e modernizar a rede hidrometeorológica (adquirir e instalar equipamentos).
- 4.3- Criar um banco de dados fluviométrico e pluviométrico.
- 4.4- Instalar e calibrar um modelo regional de previsão de tempo.
- 4.5- Realizar treinamento das defesas civis municipais.
- 4.6- Operar o Sistema de Alerta de Eventos Críticos.

## 5. METODOLOGIA GERAL

### META 1 - Aperfeiçoamento da rede de monitoramento de qualidade das águas superficiais e de sedimentos da bacia do Alto São Francisco

Propõe-se que essa rede de amostragem seja constituída por 12 (doze) estações de monitoramento, sendo 2 (duas) novas estações de amostragem previamente selecionadas em escritório e outras 10 (dez) estações já existentes no âmbito do Projeto Águas de Minas. Nessas 12 estações, além de parâmetros físico-químicos serão monitorados cianobactérias (em água), perifíton, planctôn e zoobênton e realizados a medição de descarga líquida e a coleta e análise de sedimentos.

A localização das estações selecionadas para o monitoramento da qualidade das águas superficiais e dos sedimentos é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1:** Descrição das estações de amostragem

Estação	Descrição	LAT_GMS	LON_GMS
SF001	Rio SÃO FRANCISCO a montante da cidade de Vargem Bonita	20°19'57" S	46°28'09" W
SF046	Rio INDAIÁ, próximo a sua nascente, no município de Santa Rosa da Serra	19°31'42" S	45°54'14" W
SF048	Rio INDAIÁ, em seu trecho intermediário, entre os municípios de Tiros e Cedro do Abaeté	19°09'38" S	45°47'02" W
SF011	Rio INDAIÁ a montante do Reservatório de Três Marias	18°40'41" S	45°34'56" W
SF050	Rio BORRACHUDO, em sua nascente, no município de São Gotardo	19°19'22" S	46°04'29" W
SF052	Rio BORRACHUDO, em seu trecho intermediário, no município de Tiros	19°06'48" S	45°54'69" W
SF013	Rio BORRACHUDO a montante do Reservatório de Três Marias	18°27'56" S	45°38'49" W
SF056	Rio ABAETÉ, em sua nascente, no município de São Gotardo	19°18'47" S	45°04'29" W
SF058	Rio ABAETÉ, em seu trecho intermediário, entre os municípios de Tiros e Arapuá	18°59'38" S	45°04'29" W
SF017	Rio ABAETÉ próximo de sua foz no rio São Francisco	18°07'05" S	45°28'18" W
Ponto 1 (novo)	Rio BAMBUÍ, perto de sua nascente à jusante de Medeiros	19°59'22" S	46°12'57" W
Ponto 2 (novo)	Rio BAMBUÍ, em seu médio curso à jusante de Bambuí.	19°57'4 (40 ou 04??)" S	45°56'53" W

Serão realizadas campanhas trimestrais de coletas e análises de amostras de águas superficiais e sedimentos, além da medição de descarga líquida. Serão realizadas ainda campanhas semestrais de coleta de amostras de sedimentos de fundo para análises físico-químicas e de perifíton, zooplâncton, fitoplâncton e zoobenton.

As coletas serão realizadas em parceria com a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC) e deverão ser adotadas as técnicas de amostragem e preservação especificadas na NBR 9898, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, ou as normas do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPCF, última edição. As amostras de águas serão do tipo simples de superfície, colhidas preferencialmente no perfil principal do corpo de água. Os sedimentos serão colhidos do substrato da calha fluvial por meio de uma concha. Para análise laboratorial do transporte de sedimentos as amostras serão coletadas por meio de amostrador de sedimento em suspensão e amostrador de sedimentos de fundo. Haverá o

acompanhamento da equipe técnica do IGAM para a caracterização do ambiente no momento da coleta, com o preenchimento de uma ficha de campo.

Para que os trabalhos de campo relacionados à coleta das amostras de água e sedimentos sejam realizados, são necessários os seguintes equipamentos, os quais serão destinados à Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC:

- 1- Máquina fotográfica digital para registro fotográfico dos pontos de coleta (3);
- 2- GPS para registro e localização dos pontos de coleta (3).

Para que a coleta de sedimentos e medição de descarga líquida sejam realizadas pela equipe do IGAM, será necessário adquirir:

- 1- Máquina fotográfica digital para registro fotográfico dos pontos de coleta (2);
- 2- GPS para registro e localização dos pontos de coleta (2);
- 3- Veículo Pick up diesel, cabine dupla, 4x4 (1).

As análises laboratoriais atenderão às normas aprovadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial ou, na sua ausência, aos métodos indicados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPCF, última edição. Os limites de detecção dos métodos de análise deverão, na medida das possibilidades técnicas, ser pelo menos 10 (dez) vezes inferiores aos padrões definidos para a Classe 2 de enquadramento da Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. A previsão é que sejam monitorados os seguintes parâmetros: Clorofila-a; coliforme termotolerantes; estreptococos fecais, alcalinidade, cálcio total, cianeto livre, cianobactérias, cloretos, condutividade, cor verdadeira, DBO, DQO, durezas (total, Ca, Mg), feofitina, fósforo total, fenóis totais, magnésio total, nitrogênio amoniacal total, nitrogênio nítrico, nitrogênio nitroso, nitrogênio orgânico, OD, óleos e graxas, pH, sólidos dissolvidos totais, sólidos em suspensão, sólidos totais, sulfato, sulfetos, substâncias tensoativas, temperatura, turbidez, alumínio dissolvido, arsênio total, bário total, boro total, cádmio total, chumbo total, cobre dissolvido, cromo total, ferro dissolvido, manganês total, mercúrio total, níquel total, potássio, selênio total, sódio, zinco total, cianobactérias, perifíton, plancton e zoobênton.

Os indicadores hidrobiológicos cianobactérias, perifíton, plancton e zoobênton serão determinados através de exames qualitativos e quantitativos. Os resultados analíticos do perifíton ou plâncton, em função das características do trecho do corpo de água a ser monitorado, serão consistidos e expressos através da composição qualitativa e quantitativa: riqueza ou número de "taxa", densidade e diversidade dos grupos de organismos, tornando-se possível uma avaliação da qualidade das águas. Os indicadores hidrobiológicos serão monitorados apenas no período seco, ou seja, em duas campanhas anuais, com exceção das cianobactérias que serão monitoradas trimestralmente.

A análise dos sedimentos consistirá da varredura por fluorescência de Raios X e, quando necessária, por espectrometria de emissão óptica indutivamente acoplada - ICP OES. Os elementos identificados - além daqueles que forem identificados na água - serão analisados, após digestão multiácida, por ICP OES, o arsênio por espectrometria de absorção atômica com geração de hidretos e o mercúrio por espectrometria de absorção atômica com vapor frio. Deverão ainda ser monitorados os seguintes compostos

orgânicos previstos na legislação: DDT, clordano (cis trans), endrin, heptacloro epóxido, heptacloro, Dieldrin, DDE, DDD. Para o transporte de sedimentos serão avaliados a concentração, granulometria da fração grossa ( $\varnothing > 0,063$  mm); granulometria e concentração da fração fina ( $\varnothing < 0,063$  mm) até a fração argila total; granulometria e concentração da fração fina ( $\varnothing < 0,063$  mm) de sedimento em suspensão, com desmembramento da fração argila total em argila grossa, média, fina e muito fina; granulometria da fração grossa ( $\varnothing > 0,063$  mm) de sedimento de leito; granulometria da fração fina ( $\varnothing < 0,063$  mm) de sedimento de leito, até a fração argila total; e granulometria da fração fina ( $\varnothing < 0,063$  mm) de sedimento de leito, com desmembramento da fração argila total, em argila grossa, média, fina e muito fina.

Para que as análises laboratoriais, tais como a determinação dos metais em água e sedimentos, determinação de matéria orgânica e outros parâmetros físico-químicos e hidrobiológicos sejam realizadas é necessário adquirir os seguintes equipamentos, os quais serão destinados à Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC:

- 4- Balança analítica microprocessada (1) para pesagem de analitos para a realização de ensaios físico químicos, biológicos e de metais em amostras de água;
- 5- Balanças semi-analíticas (2) para pesagem de analitos para a realização de ensaios físico químicos, biológicos e de metais em amostras de sedimentos;
- 6- Bombas a vácuo de bancada (4) para filtragem de amostras;
- 7- Conjunto destilador de nitrogênio Kjeldahl (1) para determinação de nitrogênio total e amoniacal em amostras de água;
- 8- Chapas aquecedoras com controle digital microprocessado (4) para a realização de ensaios físico químicos, biológicos e de metais em amostras de água e sedimentos;
- 9- Banhos Maria com ajuste de temperatura de trabalho (4), que será utilizado para digestão de amostras de água e sedimento para a determinação de mercúrio segundo metodologia recomendada pelo Standard Methods e EPA. O Banho é necessário para evitar perdas do analito durante a preparação das amostras.
- 10- Incubadora de DBO (1) controle do ambiente (ausência de luz, temperatura constante e homogênea de 20°C) na execução do ensaio de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO);
- 11- Analisador de Carbono Orgânico Total (TOC) - TOC-VCPH (1) para avaliação da matéria orgânica;
- 12- Espectrofotômetro visível (1) para determinação de diversos parâmetros físico-químicos, incluindo clorofila-a, com padrões de referência contendo os elementos de interesse do projeto com certificado. Esses padrões são necessários para a calibração dos equipamentos e garantir a confiabilidade dos resultados analíticos.

Os resultados de todas as análises laboratoriais serão consistidos imediatamente após o recebimento dos resultados do laboratório e serão armazenados em um banco de dados. Será elaborado um relatório de consolidação e interpretação dos resultados alcançados relativo às campanhas realizadas, contendo, ainda, o diagnóstico da qualidade das águas superficiais e sedimentos.

O mapeamento do uso e ocupação do solo será realizado com as imagens de satélite RapidEye adquiridas pelo Estado em 2009/2010. Serão desenvolvidas as seguintes atividades:

- I. Vetorização da imagem classificada para inclusão nos bancos de dados geográficos em formato shapefile, utilizados pelo IGAM. Para a realização deste trabalho será necessário a utilização dos seguintes softwares: Microsoft Office Professional (com Access) e ArcInfo com as extensões Maplex, Spatial Analyst e GeoStatistical Analyst, que possibilitarão realizar análise espacial e estatística dos dados classificados, em conjunto com os demais dados disponíveis sobre a área (subsídios para tomada de decisões e planejamento).
- II. Criação de mosaicos e definição das classes.
- III. Classificação supervisionada: as técnicas de classificação visam o reconhecimento dos objetos em cena a partir da análise da resposta espectral de cada alvo. Os alvos são discriminações em diferentes categorias (ou classes temáticas) em função dos objetivos pré-estabelecidos. A classificação consiste então na rotulação de cada pixel da imagem segundo as classes de uso e cobertura do solo.
- IV. Trabalho de campo para verificação da acurácia e correção de possíveis erros na classificação preliminar.
- V. Correção e apresentação do mapa final.

Para o desenvolvimento desse mapeamento serão necessários os seguintes equipamentos, que serão utilizados pelos técnicos do IGAM:

- 1- GPS (1) para levantamento de dados e estudos de campo e localização dos pontos de coleta;
- 2- Notebook (1) para lançamento dos dados e informações obtidos nos estudos realizados em campo.

Visando o acompanhamento da qualidade ambiental na região será proposto plano de monitoramento permanente, avaliando a necessidade de ampliação da rede de monitoramento de qualidade das águas superficiais, hoje existente na região do Alto curso do rio São Francisco.

Os dados, relatórios e mapas produzidos serão repassados para a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF e Agência Nacional de Águas –ANA e serão disponibilizados à sociedade no sítio eletrônico do IGAM. Além disso, os resultados serão divulgados por meio de reuniões dos comitês de bacia da região, reuniões das câmaras técnicas do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH.

## **META 2 - Modernização do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas das Sub-bacias dos Rios Verde Grande, Riachão e Jequitai**

Na avaliação dos riscos de contaminação das águas subterrâneas é necessário considerar dois aspectos fundamentais: a vulnerabilidade natural do aquífero à poluição e o potencial da carga contaminante presente na área. Enquanto este último pode ser controlado, modificado ou suprimido, a vulnerabilidade é uma característica intrínseca do sistema aquífero e das suas condições hidrogeológicas e, portanto, não pode ser modificada. Sendo assim, um sistema aquífero pode ter alta vulnerabilidade, mas baixo risco de contaminação em virtude da ausência de cargas contaminantes.

Desta forma, o desenvolvimento do projeto se dará com a execução das atividades listadas a seguir:

- I. Atualização do levantamento de poços de usuários cadastrados no IGAM. A análise dos documentos relativos aos poços da rede de monitoramento é de essencial importância para o programa, visto que informações a respeito do perfil litológico e dados construtivos destes poços possibilitarão uma melhor compreensão da natureza dos aquíferos e da dinâmica das águas subterrâneas.
- II. Reavaliação dos poços de monitoramento existentes com base nos resultados obtidos no “Projeto de Monitoramento das Águas Superficiais e Subterrâneas das Sub-bacias dos Rios Verde Grande, Riachão e Jequitai na Bacia do Rio São Francisco, em Minas Gerais”, realizado em 2005.
- III. Proposição de aproximadamente 21 (vinte e um) novos poços de amostragem.
- IV. Viagem a campo, pela equipe do IGAM, para reconhecimento dos 21 (vinte e um) novos poços propostos, totalizando, assim, 60 (sessenta) poços de monitoramento.
- V. Levantamento de uso e ocupação do solo e detecção de fontes potenciais de poluição. Serão consolidadas informações existentes nas entidades estaduais (IMA, EMATER, IEF, CETEC, etc.) e serão realizadas visitas de campo com o intuito de obter dados de reconhecimento da região para o levantamento de uso e ocupação do solo.
- VI. Investigação das fontes naturais de contaminação e reconhecimento geológico com retirada de amostras de rochas e medidas de estruturas e descontinuidades, como fraturas e acamamentos.
- VII. Campanha de coleta e análises de amostras águas subterrâneas.
- VIII. Proposição de plano de monitoramento permanente de qualidade de águas subterrâneas.

Visando identificar os principais focos de poluição serão monitorados preferencialmente poços localizados em áreas agrícolas, priorizando-se aqueles com condição de amostragem muito boa, conforme definido na rede de monitoramento piloto.

Com o intuito de melhor caracterizar a qualidade das águas subterrâneas nessas sub-bacias, a localização dos poços cobrirá amplamente toda a região de estudo.

A qualidade da água subterrânea depende do contexto geológico no qual o aquífero está inserido. Sendo assim, serão selecionados poços perfurados em litologias distintas. O

resultado da análise das amostras retiradas destes poços será confrontado com informações a respeito da geologia de cada região.

Para a realização dos trabalhos de campo pelas equipes do IGAM serão necessários:

- 1- GPS (1) para levantamento de dados, estudos de campo e localização dos pontos de coleta;
- 2- Máquina fotográfica digital para registro fotográfico dos pontos de coleta (1);
- 3- Martelo de geólogo para rochas ígneas (1) para coleta de amostras;
- 4- Martelo de geólogo para rochas sedimentares (1) para coleta de amostras;
- 5- Bússola (1) para avaliação da direção das fraturas;
- 6- Furadeira/parafusadeira com jogo de brocas (1) para fixação de equipamentos e manutenção dos postos de amostragem;
- 7- Notebook para lançamento dos dados e informações obtidos nos estudos realizados em campo.

As campanhas para coleta de amostras de água subterrânea serão realizadas semestralmente, em poços tubulares, visando, além do monitoramento físico-químico e bacteriológico da água, à pesquisa de contaminantes presentes nos agroquímicos mais utilizados na região. As coletas serão realizadas pela equipe técnica do IGAM. No momento da coleta será feita, além de análises físico-químicas "in loco", a caracterização do ambiente, com o preenchimento de uma ficha de campo. As análises físico-químicas e bacteriológicas laboratoriais das amostras de água coletadas serão realizadas pelo CETEC.

Para a realização das coletas de amostras de água subterrânea e análises "in loco" pela equipe do IGAM é necessário adquirir:

- 8- Medidor multiparamétrico portátil (1) com 6 parâmetros com sensores para medida de condutividade elétrica, pH, eH, resistividade, STD e temperatura, para a realização das análises "in loco", por ocasião das coletas de amostras de água subterrânea;
- 9- Conjunto de amostragem de água subterrânea em baixa vazão (1) contendo controlador digital, conjunto para amostragem, célula de fluxo para amostragem de baixa vazão e medidor de nível de rebaixamento; e
- 10- Amostradores de água subterrânea (3).
- 11- Veículo Pick up diesel, cabine dupla, 4x4.

As técnicas de coleta e preservação das amostras hídricas seguirão as especificações da NBR 9898, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, ou, na sua ausência, as Normas do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPCF. Serão utilizados equipamentos instalados nos poços para a coleta. Antes da realização da mesma, o poço será bombeado para permitir a renovação de sua água.

As análises laboratoriais atenderão às normas aprovadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial ou, na sua ausência, aos métodos indicados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPCF, última edição. Os limites de detecção dos métodos de análise deverão ser, na medida das possibilidades técnicas, inferiores aos padrões definidos na Portaria

518/2004, do Ministério da Saúde. A previsão é que sejam monitorados os seguintes parâmetros: Coliformes termotolerantes e totais; Estreptococos Fecais, Alcalinidades (bicarbonato, carbonato, e hidróxido), Cianeto livre, Cloretos, Condutividade elétrica, Cor verdadeira, Durezas (total, Ca, Mg), Fenóis totais, Fluoretos, Fósforo total, Nitrogênio amoniacal, Nitrogênio nítrico, Nitrogênio nitroso, Nitrogênio orgânico, Oxigênio dissolvido (OD,) pH, Sólidos dissolvidos totais, Sólidos em suspensão, Sólidos totais, Sulfato, Sulfetos, Temperatura, Turbidez, Alumínio dissolvido, Arsênio dissolvido, Bário dissolvido, Boro, Cádmio dissolvido, Cálcio dissolvido, Chumbo dissolvido, Cobre dissolvido, Cromo dissolvido, Ferro dissolvido, Magnésio dissolvido, Manganês dissolvido, Mercúrio dissolvido, Níquel dissolvido, Potássio, Selênio, Silício dissolvido, Sódio, Vanádio dissolvido, Zinco dissolvido.

Para que as análises laboratoriais sejam realizadas é necessário adquirir o equipamento listado abaixo, o qual será destinado ao CETEC:

- 12- Digestor de amostra por microondas e acessórios com controle de pressão e temperatura (1). Esse equipamento é necessário para digerir as amostras evitando contaminação durante o processo. A metodologia adotada, recomendada pelo Standard Methods e EPA, será utilizada para os ensaios de metais em água, sedimento e solo.

A análise de agrotóxicos nas amostras de água subterrânea coletadas será realizada pelo Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, utilizando cromatografia a gás com detector de espectrometria de massas (GC-MS). Para tanto, será firmado um acordo de cooperação técnica com o Departamento de Química da UFMG para utilização do equipamento a ser adquirido no âmbito desse projeto.

Será usada uma solução padrão contendo uma mistura de agrotóxicos incluindo os compostos mais utilizados na região. Será desenvolvido um método de extração com a técnica de microextração em fase sólida. Os parâmetros de extração avaliados serão:

- o Recobrimento mais apropriado (espessura e polaridade da fibra);
- o Condições mais adequadas de extração: agitação, volume da amostra contida no frasco, tipo de extração (direta, HS ou indireta), adição de sal e modificação de pH.
- o Condições de tempo e temperatura para a sorção/extração dos analitos
- o Condições de tempo e temperatura para a dessorção dos analitos no injetor.
- o Procedimento experimental para se obter os perfis de extração destes analitos.

Além disso, serão monitorados os parâmetros orgânicos (agrotóxicos) estabelecidos na legislação: 4,5,6-triclorofenol, molinato, trifluoralina, atrazina, simazina, hexaclorobenzeno, lindano, heptaclor e heptaclorepóxido, aldrin e dieldrin, clordano (alfa e gama), endosulfan I e II, endrin, DDT, metoxicloro e permetrina (cis e trans).

Para a realização dessas análises, é necessário adquirir o seguinte equipamento que será destinado ao Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG:

13- Cromatógrafo a gás bidimensional acoplado com espectrômetro de massas de alta resolução (GC/GC-HRMS) (1), com os padrões dos compostos a serem monitorados.

Os resultados das análises laboratoriais serão consistidos imediatamente após o recebimento dos resultados do laboratório. Os dados consistidos serão armazenados em banco de dados. Será produzido um relatório de consolidação e interpretação dos resultados alcançados relativo às campanhas realizadas, contendo, ainda, o diagnóstico da qualidade da água subterrânea na região. Os dados, relatórios e mapas produzidos serão repassados para a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF e Agência Nacional de Águas – ANA e serão disponibilizados à sociedade no sítio eletrônico do IGAM. Além disso, os resultados serão divulgados por meio de reuniões dos comitês de bacia da região, reuniões das câmaras técnicas do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH.

Visando o acompanhamento da qualidade ambiental na região será proposto plano de monitoramento permanente, avaliando a necessidade de ampliação da rede de monitoramento de qualidade das águas subterrâneas, hoje existente na região.

### **META 3 - Estruturação da rede de monitoramento das águas subterrâneas na bacia do Rio das Velhas;**

O desenvolvimento do projeto se dará com a execução das atividades listadas a seguir:

- I. Levantamento de dados relacionados a poços tubulares existentes na região, bem como de poços de usuários cadastrados no IGAM. Deverão ser consultadas diferentes instituições estaduais e municipais de abastecimento público, bem como empresas de perfuração de poços e entidades estaduais (FEAM, IMA, EMATER, IEF, CETEC, etc.) vinculadas ao ordenamento e assistência das atividades comerciais, industriais e agrosilvopastoris, quanto ao uso do solo. A análise dos documentos relativos aos poços da rede de monitoramento é de essencial importância para o programa, visto que informações a respeito do perfil litológico e dados construtivos destes poços possibilitarão uma melhor compreensão da natureza dos aquíferos e da dinâmica das águas subterrâneas.
- II. Levantamento das características geológicas, hidrogeológicas e dos solos da região em estudos já existentes e das informações de poços levantados, sendo agregadas informações obtidas em campo sempre que possível.
- III. O Mapeamento do uso e ocupação do solo será realizado com as imagens de satélite RapidEye adquiridas pelo Estado em 2009/2010. Serão desenvolvidas as seguintes atividades:
  - Vetorização da imagem classificada para inclusão nos bancos de dados geográficos em formato shapefile, utilizados pelo IGAM. Para a realização deste trabalho será necessário que o computador possua os seguintes softwares: Microsoft Office Profissional (com Access) e ArcInfo com as

extensões Maplex, Spatial Analyst e GeoStatistical Analyst, que possibilitarão realizar análise espacial e estatística dos dados classificados, em conjunto com os demais dados disponíveis sobre a área (subsídios para tomada de decisões e planejamento).

- Criação de mosaicos e definição das classes.
  - Classificação supervisionada: as técnicas de classificação visam o reconhecimento dos objetos em cena a partir da análise da resposta espectral de cada alvo. Os alvos são discriminações em diferentes categorias (ou classes temáticas) em função dos objetivos pré-estabelecidos. A classificação consiste então na rotulação de cada pixel da imagem segundo as classes de uso e cobertura do solo.
  - Trabalho de campo para verificação da acurácia e correção de possíveis erros na classificação preliminar.
  - Correção e apresentação do mapa final.
- IV. Proposição de aproximadamente 40 (quarenta) poços de amostragem.
- V. Viagem a campo, pela equipe do IGAM, para reconhecimento dos poços de monitoramento propostos.
- VI. Campanha de coleta e análises de amostras águas subterrâneas
- VII. Diagnóstico de qualidade das águas subterrâneas
- VIII. Proposição de plano de monitoramento permanente de qualidade de águas subterrâneas

Visando identificar os principais focos de poluição serão monitorados preferencialmente poços utilizados para o abastecimento público ou de monitoramento, priorizando-se aqueles com condição de amostragem muito boa, conforme definido na rede de monitoramento piloto no norte da bacia do Rio São Francisco.

Para a realização dos trabalhos de campo pelas equipes do IGAM serão necessários:

- 1- GPS para levantamento de dados, estudos de campo e localização dos pontos de coleta;
- 2- Máquina fotográfica digital para registro fotográfico dos pontos de coleta (1);
- 3- Martelo de geólogo para rochas ígneas (1) para coleta de amostras;
- 4- Martelo de geólogo para rochas sedimentares (1) para coleta de amostras;
- 5- Bússola (1) para avaliação da direção das fraturas;
- 6- Furadeira/parafusadeira com jogo de brocas (1) para fixação de equipamentos e manutenção dos postos de amostragem;
- 7- Notebook para lançamento dos dados e informações obtidos nos estudos realizados em campo.

Serão realizadas campanhas semestrais para coleta de amostras de água subterrânea em poços tubulares visando à avaliação da composição das águas. As coletas serão realizadas pela equipe técnica do IGAM. No momento da coleta será feita, além de

medições “in loco”, a caracterização do ambiente, com o preenchimento de uma ficha de campo. As análises laboratoriais das amostras de água serão realizadas pelo CETEC.

Para realização das coletas de amostras de água subterrânea será necessário adquirir:

- 8- Medidor multiparamétrico portátil (1) com 6 parâmetros com sensores para medida de condutividade elétrica, pH, eH, resistividade, STD e temperatura, para a realização das análises “in loco”, por ocasião das coletas de amostras de água subterrânea;
- 9- Conjunto de amostragem de água subterrânea em baixa vazão contendo controlador digital, conjunto para amostragem, célula de fluxo para amostragem de baixa vazão e medidor de nível de rebaixamento;
- 10- Amostradores de água subterrânea (3); e
- 11- Veículo Pick up diesel, cabine dupla, 4x4.

As técnicas de coleta e preservação das amostras hídricas seguirão as especificações da NBR 9898, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, ou, na sua ausência, as Normas do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPCF. Serão utilizados equipamentos instalados nos poços para a coleta. Antes da realização da mesma, o poço será bombeado para permitir a renovação de sua água.

As análises laboratoriais atenderão às normas aprovadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial ou, na sua ausência, aos métodos indicados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPCF, última edição. Os limites de detecção dos métodos de análise deverão, na medida das possibilidades técnicas, ser pelo menos 10 (dez) vezes inferiores aos padrões definidos para a Classe 1 de enquadramento da Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005. A previsão é que sejam monitorados os seguintes parâmetros: Coliformes termotolerantes e totais; Estreptococos Fecais, Alcalinidades (bicarbonato, carbonato, e hidróxido), Cianeto livre, Cloretos, Condutividade elétrica, Cor verdadeira, Durezas (total, Ca, Mg), Fenóis totais, Fluoretos, Fósforo total, Nitrogênio amoniacal, Nitrogênio nítrico, Nitrogênio nitroso, Nitrogênio orgânico, Oxigênio dissolvido (OD,) pH, Sólidos dissolvidos totais, Sólidos em suspensão, Sólidos totais, Sulfato, Sulfetos, Temperatura, Turbidez, Alumínio total e dissolvido, Arsênio total e dissolvido, Bário total e dissolvido, Boro, Cádmio total e dissolvido, Cálcio dissolvido, Chumbo dissolvido, Cobre total e dissolvido, Cromo total e dissolvido, Ferro total e dissolvido, Magnésio dissolvido, Manganês total e dissolvido, Mercúrio total e dissolvido, Níquel total e dissolvido, Potássio, Selênio, Silício dissolvido, Sódio, Vanádio total e dissolvido, Zinco total e dissolvido.

Os resultados das análises laboratoriais serão consistidos imediatamente após o recebimento dos resultados do laboratório. Os dados consistidos serão armazenados em banco de dados. Será produzido um relatório de consolidação e interpretação dos resultados alcançados relativo às campanhas realizadas, contendo, ainda, o diagnóstico da qualidade das águas subterrâneas na região. Os dados, relatórios e mapas produzidos serão repassados para a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF e Agência Nacional de Águas –ANA e serão disponibilizados à sociedade no sítio eletrônico do IGAM. Além disso, os resultados serão divulgados por meio de reuniões dos comitês de bacia da região, reuniões das câmaras técnicas do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH.

Visando o acompanhamento da qualidade ambiental na região será proposto plano de monitoramento permanente, avaliando a necessidade de manutenção da rede de monitoramento de qualidade das águas subterrâneas a ser implantada.

Os dados, relatórios e mapas produzidos serão repassados para a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF e Agência Nacional de Águas –ANA e serão disponibilizados à sociedade no sítio eletrônico do IGAM. Além disso, os resultados serão divulgados por meio de reuniões dos comitês de bacia da região, reuniões das câmaras técnicas do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH.

#### **META 4 - Instalação e operação de um Sistema de Alerta de eventos críticos no Alto Curso do Rio das Velhas.**

O alto curso do rio das Velhas, por sua conformação alongada possui tempos de concentração da ordem de horas, indicando que se deve, provavelmente, optar por modelos hidrológicos de chuva-vazão, alimentados por precipitações previstas, através de modelos regionais de previsão de tempo.

Embora, previsões de tempo para o País sejam disponibilizadas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE e pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, elas não possuem uma resolução adequada para regiões de topografia complexa como o Estado de Minas Gerais. Portanto, para a adequada implantação de um sistema de alerta de eventos críticos para o alto curso do rio das Velhas torna-se necessário:

##### **I. Implantação e calibração de um modelo numérico de previsão de tempo em escala regional.**

A idéia básica da previsão numérica de tempo é, a partir de observações atmosféricas em um dado momento, utilizar equações da termodinâmica e dinâmica dos fluidos para estimar o estado da atmosfera em algum momento do futuro.

Um modelo, neste contexto, é um programa de computador que produz informações meteorológicas em um determinado ponto da Terra, a certa altitude em dado momento do futuro. O domínio horizontal de um modelo pode ser Global, quando cobre toda a Terra, ou Regional, quando cobre uma determinada porção da Terra.

Os modelos numéricos globais são muitas vezes complementados por modelos numéricos regionais ou de área limitada. Uma vantagem no uso de modelos regionais é sua relativa economia computacional em relação aos modelos globais. Por vezes, a utilização de uma física mais detalhada é permitida exatamente devido ao relativo baixo custo operacional dos modelos de área limitada. No entanto, a maior desvantagem no emprego dos modelos regionais está relacionada com as condições de fronteiras das quais um modelo de área limitada não pode escapar.

Um modelo numérico regional é capaz de simular circulações atmosféricas que vão desde a escala sinótica à microescala. No Brasil, vários modelos regionais já foram e são

utilizados como ferramenta para previsão de tempo, dentre eles podemos citar: o BRAMS, ETA, WRF, MM5, MBAR, etc.

O modelo que será utilizado para simular as condições atmosféricas permitirá uma saída horária de diversas variáveis tais como: temperatura, precipitação, umidade, etc. A escolha do modelo deve levar em conta alguns fatores, dentre os quais se pode citar:

- 1 – ser gratuito;
- 2 – possuir código fonte aberto, permitindo a realização de quaisquer ajustes que forem necessários;
- 3 – ser bastante difundido entre os centros meteorológicos do Brasil e de outros países, permitindo uma troca de conhecimentos constante.

O modelo a ser escolhido rodará com três resoluções de grade: a primeira englobará toda a região sudeste do Brasil e terá 20 km de resolução (distância entre um ponto de grade e outro), a segunda cobrirá todo o Estado de Minas Gerais com uma resolução de 10km e a última estará sobre toda a sub-bacia do rio das Velhas com uma resolução de 5km (Figura 01).

Este modelo possibilitará a elaboração de uma previsão mais precisa, levando em consideração as características particulares da sub-bacia. Deste modo pode-se identificar com uma maior antecedência sistemas atmosféricos que podem causar chuvas intensas, numa escala de, no mínimo, 5 Km.

Para que o modelo seja operacionalmente viável, deve-se estar instalado em um *Cluster*. Um Cluster pode ser definido como um sistema no qual dois ou mais processadores trabalham de maneira conjunta para realizar processamento pesado. Em outras palavras, os processadores dividem as tarefas de processamento e trabalham como se fossem um único processador. Os Clusters são usados quando os conteúdos são críticos ou quando os serviços têm que estar disponíveis e/ou processados o mais rápido possível, que é o caso de um modelo meteorológico.

Há a possibilidade de que mais de um modelo seja instalado para verificar quais as vantagens e desvantagens de cada um e assim maximizar seus pontos fortes. Caso seja necessário, todos os modelos que forem considerados adequados serão rodados operacionalmente.

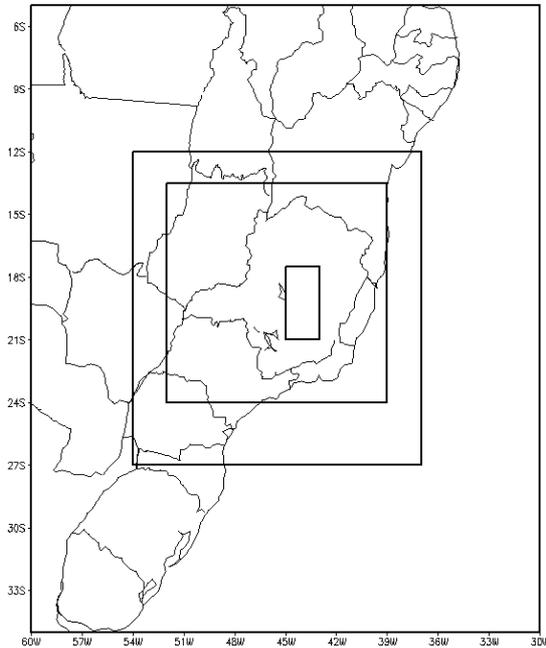


Figura 1 – Domínio espacial do modelo regional.

## II. Realização de estudos hidrológicos na bacia para escolha e calibração do modelo hidrológico mais adequado.

Para a implantação do esquema de previsão de cheias em tempo real na bacia do rio das Velhas, é necessária a seleção e calibração de um modelo matemático que será do tipo chuva-vazão. Esse tipo de modelo pode ser utilizado tanto para reproduzir eventos passados quanto para prever vazões em uma seção fluvial, conhecida a precipitação na respectiva bacia hidrográfica.

Está sendo proposta a adoção do modelo HEC-HMS: Hydrologic Modeling System, desenvolvido pelo Hydrologic Engineering Center do U.S. Army Corps of Engineers, por ser disponível para uso público, podendo simular eventos de maior duração, com atualizações do estado de armazenamento e umidade da bacia.

O modelo HEC-HMS é composto de três módulos de entrada de dados, a saber: Representação da Bacia (Basin Model), Distribuição da Precipitação (Precipitation Model) e Especificações de Controle (Control Specification).

O módulo de Representação da Bacia refere-se aos parâmetros físicos e aos elementos topológicos de conexão da rede hidrográfica e da segmentação em sub-bacias, juntamente com as rotinas de perdas iniciais, de escoamento nas sub-bacias e nos corpos de água.

No módulo de Distribuição da Precipitação, são introduzidas as informações para processamento dos dados pluviométricos, representadas pela distribuição espacial das precipitações sobre as sub-bacias. Esta distribuição pode ser fixada através de fatores de ponderação, onde são introduzidas as percentagens das chuvas sobre cada sub-bacia.

Os intervalos de tempo das variáveis do modelo são introduzidos no módulo de Especificações de Controle. A entrada dos dados de chuvas precipitadas sobre a bacia deve ser feita de forma distribuída ao longo dos dias.

Os estudos de hidráulica fluvial serão elaborados com a aplicação do modelo matemático HEC-RAS: River Analysis System, desenvolvido pelo Hydrologic Engineering Center do U.S. Army Corps of Engineers. Como dado básico para o funcionamento do modelo, são consideradas as seções batimétricas levantadas no campo, que reproduzem a geometria da calha fluvial, as características de rugosidade do leito e as singularidades representadas pelas pontes, confluências e demais obstruções do canal.

O modelo efetua os cálculos de progressão do escoamento unidimensional, para a hipótese de regime permanente e gradualmente variado. O processamento inicia sempre a partir de seções de controle hidráulico, dadas nos extremos de montante ou de jusante do trecho em estudo, podendo operar para as condições de regime subcrítico ou supercrítico, identificando as seções de mudança de regime com a eventual formação de ressaltos hidráulicos. A geometria da calha fluvial é definida a partir das seções batimétricas levantadas no campo.

Além de instalação e operação do modelo será necessário realizar os seguintes estudos:

- Diagnóstico da ocorrência de cheias na área urbana, com identificação de pontos críticos e seções de controle hidráulico.
- Zoneamento das áreas de inundação, delimitando a linha do perfil de escoamento para vazões com vários períodos de retorno notáveis, aplicadas sobre a cartografia disponível.
- Análise das curvas-chaves das estações fluviométricas selecionadas, com extrapolações a partir das características topobatimétricas das seções de medição.
- Estabelecimento de series de vazões médias diárias nas estações fluviométricas.
- Análise e consistência de cotas, vazões e precipitações, com seleção definitiva da rede fluviométrica.
- Análise da distribuição espacial da chuva na bacia do rio das Velhas, através de mapas de isoietas para médios anuais e mensais.
- Análise da distribuição espacial das chuvas críticas que causaram as maiores cheias do histórico, com discretizações de 1,2, 3 e 5 dias.
- Determinação dos hidrogramas das principais cheias do histórico.

Para que sejam realizados o recebimento, interpretação, geração e publicação das informações obtidas é necessário adquirir os seguintes equipamentos:

- 1- Computadores (4) que serão utilizados nas atividades rotineiras do monitoramento de tempo;
- 2- Impressora a laser para impressão (1) dos resultados de campo, planilhas de resultados, relatórios e mapas e para utilização nos treinamentos da Defesas Civis Municipais.
- 3- Projetor multimídia (1) para reuniões, treinamentos e apresentação de resultados.

- 4- Clusters (2) para realizar processamento pesado (modelagem meteorológica e hidrológica).
- 5- Nobreak (1) para garantir a segurança e continuidade dos trabalhos de monitoramento.
- 6- Equipamento de detecção de descargas atmosféricas (1) para auxiliar o monitoramento dos eventos extremos e alertas meteorológicos com cobertura de aproximadamente 300 km de raio, sendo uma ferramenta complementar às imagens de satélite e radar meteorológico.

### III. Melhoria da rede de coleta de dados Hidrometeorológica:

O levantamento das séries hidrológicas históricas indicou uma carência de dados na bacia, ou mais especificamente de dados com a discretização temporal necessária para viabilizar a implantação de um sistema de alerta, ou seja, a rede de observação hidrológica e meteorológica não dimensionada para efetuar várias medições no decorrer do dia.

Por outro lado pode-se verificar que os municípios a serem beneficiados pelo sistema de alerta não possuem estações fluviométricas, ressaltando que quase todas aquelas existentes são do tipo convencional, não possuindo capacidade de operar de forma automática, em tempo real e de transmitir os dados.

Com base nestas considerações está sendo proposta a melhoria do sistema de monitoramento hidrológico do alto curso do rio das Velhas, ou seja:

- Substituição das estações convencionais por automáticas - telemétricas;
- Implantação de novos postos de monitoramento. Sugere-se que nestes pontos se não for possível a instalação de estações automáticas - telemétricas, sejam instalados além das réguas, linígrafos registradores para obtenção dos dados em curto intervalos de tempo;

Inicialmente propõe-se instalar 8 plataformas de coleta de dados automáticas e telemétricas, com sensores de precipitação e nível de rio, pois estes são imprescindíveis para operação de um sistema de alerta como o proposto. Os locais sugeridos são: Santa Luzia, Lagoa Santa, Ribeirão das Neves, Vespaziano, Rio Acima, Itabirito, Raposos e Belo Horizonte. As plataformas serão cedidas ao IGAM pela Agência Nacional de Águas – ANA e os modelos serão definidos após a realização dos trabalhos de campo. Os locais de instalação das plataformas podem sofrer variações de acordo com esses estudos de campo.

Para a coleta dos dados e manutenção das plataformas de coletas de dados pela equipe do IGAM é necessário adquirir:

- 7- Notebook (1) que será utilizado para campanha e estudos de campo e também para elaboração de planilhas de resultados e em reuniões técnicas;
- 8- GPS (1) para levantamento de dados e estudos de campo;
- 9- Máquina fotográfica digital para registro fotográfico dos pontos de coleta (1);
- 10- Veículo Pick up diesel, cabine dupla, 4x4.

Somado a essa rede, pretende-se integrar as informações obtidas com as estações hidrometeorológicas, àquelas geradas pelo radar meteorológico. Esta integração permitirá que os valores de precipitação estimados pelo radar, possam ser aferidos com os dados de chuva dos pluviômetros, que representam aqui a realidade de campo. Pretende-se também, que os dados do radar meteorológico, sirvam de subsídio a emissão dos avisos meteorológicos para a região proposta, permitindo uma visão espacial da distribuição das chuvas, fator primordial, principalmente quando as chuvas se concentram em áreas como cabeceiras de rios, além de viabilizar uma previsão mais assertiva da ocorrência de chuvas, da classe de precipitação associada (ex.: granizo), e do seu deslocamento, e intensidade. O resultado desta integração será um mapa da distribuição espacial da chuva sobre a região, que poderá ser utilizado para alimentar os modelos hidrológicos a serem desenvolvidos neste projeto.

Os dados, relatórios e mapas produzidos serão repassados para a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF e Agência Nacional de Águas –ANA e serão disponibilizados à sociedade no sítio eletrônico do IGAM. Além disso, quando em operação, os avisos meteorológicos ficarão disponíveis no site do SIMGE e serão enviados para a Defesa Civil Estadual e dos Municípios e demais órgãos do Estado.

## 6. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

A Tabela abaixo apresenta o cronograma de execução física no período de Junho de 2010 a Dezembro de 2014.

Meta	Fase	Especificação	Indicador Físico		Duração	
			Unid.	Quant	Início	Término
I	1	Aperfeiçoamento da rede de monitoramento de qualidade das águas superficiais e de sedimentos da bacia do Alto São Francisco/MG	Unid	1	Jun/10	Dez/14
II	1	Modernização do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas das Sub-bacias dos Rios Verde Grande, Riachão e Jequitai	Unid	1	Jun/10	Dez/14
III	1	Estruturação da rede de monitoramento das águas subterrâneas na bacia do Rio das Velhas	Unid	1	Jun/10	Dez/14
IV	1	Instalação e operação de um Sistema de Alerta de eventos críticos no Alto Curso do Rio das Velhas.	Unid	1	Jun/10	Dez/14

## 7. PLANO DE APLICAÇÃO

<b>Código</b>	<b>Natureza da Despesa</b>	<b>Proponente (Contrapartida)</b>	<b>Concedente</b>	<b>Total</b>
33.30.14	Diárias	63.200,00		<b>63.200,00</b>
33.30.30	Material de Consumo	117.692,00		<b>117.692,00</b>
33.30.33	Passagens e Desp. Locomoção	16.000,00		<b>16.000,00</b>
33.30.39	ST - Pessoa Jurídica	239.100,00		<b>239.100,00</b>
44.30.42	Auxílio (Material Permanente)	-	1.623.206,48	<b>1.623.206,48</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>435.992,00</b>	<b>1.623.206,48</b>	<b>2.059.198,48</b>

## 8. CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO

### Cronograma de Desembolso Concedente (R\$ 1,00)

<b>Mês</b>	<b>jul/10</b>	<b>set/12</b>	<b>fev/13</b>	<b>ago/13</b>
<b>Valor</b>		1.623.206,48		
<b>Total</b>		<b>1.623.206,48</b>		

### Cronograma de Desembolso Proponente (R\$ 1,00)

<b>Mês</b>	<b>jul/10</b>	<b>set/12</b>	<b>fev/13</b>	<b>ago/13</b>
<b>Valor</b>	178.000,00	195.380,00	195.380,00	62.612,00
<b>Total</b>	<b>178.000,00</b>	<b>195.380,00</b>	<b>195.380,00</b>	<b>62.612,00</b>

Belo Horizonte, 20 de junho de 2012

---

Cleide Izabel Pedrosa de Melo  
Diretora Geral do IGAM  
(Executora)

---

Adriano Magalhães Chaves  
Secretário de Estado  
(Proponente)

---

Elmo Vaz Bastos de Matos  
Presidente da CODEVASF  
(Concedente)