

composição química global considerando a análise de rocha total (XRF), metais-traço (ICP-MS), carbono inorgânico total (CIT), carbono orgânico total (COT), pH de pasta e condutividade específica de pasta.

- ✓ Granuloquímica – A segregação granulométrica poderá separar prioritariamente grupos mineralógicos e ou concentrações de metais traços, o que poderá influenciar de maneira significativa o comportamento ambiental das amostras. Esta segregação pode estar ocorrendo em maior ou menor grau no ambiente de disposição dos rejeitos, e suas misturas, depositados ou vir a ocorrer até que todas as ações de contenção das fontes sejam controladas, ou ocorrer a partir das fontes secundárias após adoção dessas ações. Esta avaliação será realizada em um subconjunto das amostras destinadas a avaliação geral do programa de geoquímica, após criteriosa seleção, e para as faixas granulométricas previstas pela Resolução CONAMA 454 (CONAMA, 2012).
  - ✓ Lixiviação NBR 10.005 (ABNT, 2004a) e Solubilização NBR 10.006 (ABNT, 2004b) – Requisito legal.
  - ✓ Leaching Environmental Assessment Framework-LEAF – métodos USEPA 1313 e 1316, respectivamente (USEPA, 2018) – O Leaching Environmental Assessment Framework (LEAF) é uma estrutura integrada que inclui quatro métodos laboratoriais para caracterizar o comportamento de lixiviação de materiais sólidos sob condições de liberação de contaminantes especificadas. Dos destes métodos são justamente os métodos USEPA 1313 e 1316 citados acima.
- Ensaio de campo:
    - ✓ Células de campo – Serão utilizadas células (lisímetros) de campo, com capacidade de cerca de 1m<sup>3</sup> de material, expostas as condições climáticas (subaéreas). Para a realização dos testes, serão coletadas amostras de água percoladas pelo material no próximo ciclo de chuvas.

### 2.3.6.2 ESPECIFICAÇÕES DOS ENSAIOS DA CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA

Este item apresenta a descrição dos ensaios selecionados para a caracterização geoquímica dos rejeitos solos e sedimentos. Características gerais dos ensaios, bem como as justificativas para sua seleção são apresentadas.

#### 2.3.6.2.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DE METAIS TRAÇOS

Os ensaios de caracterização de massa bruta e metais traços na composição dos rejeitos, solos e sedimentos incluirão:

- Análise de Rocha Total – A análise de rocha total será feita por espectroscopia de fluorescência de raios-X (XRF) para os parâmetros Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> e LOI.



- Análise de Metais-traço – A caracterização da composição de metais-traço de uma amostra é geralmente um processo de duas etapas, incluindo uma digestão ácida para liberar os elementos na fase de solução, seguida da análise dos elementos no digerido resultante. De acordo com a Resolução CONAMA 420 (CONAMA, 2009), a análise elementar será feita conforme o Método USEPA 3050B (USEPA, 1996). Como observado no método “Este método não consiste de uma técnica de digestão total para a maioria das amostras. Trata-se de uma digestão ácida muito forte que dissolverá quase todos os elementos que poderiam se tornar ‘ambientalmente disponíveis’. O método foi concebido para que elementos ligados em estruturas de silicatos não sejam normalmente dissolvidos por este procedimento, uma vez que eles normalmente não apresentam mobilidade no meio ambiente”.
- Carbono – Análise de carbono inorgânico total (CIT) e carbono orgânico total (COT) por oxidação por via úmida do material orgânico conforme Embrapa, segundo Donagema (2011).
- pH de pasta e condutividade específica de pasta – O pH de pasta e a condutividade específica de pasta serão determinados usando uma relação solução/sólido de 1:1.
- Enxofre – Análise de Enxofre total (STOT) por queima em um forno de indução/ determinação de SO<sub>2</sub> (g) com detector infravermelho (IR)

#### 2.3.6.2.2 GRANULOQUÍMICA

Serão determinados o teor de umidade e a distribuição granulométrica das amostras. O teor de umidade será medido pelo método apresentado na norma NBR 10.006 ABNT, 2004. A análise granulométrica será realizada utilizando os seguintes tamanhos de malha:

- 2,00 mm;
- 1,00 mm;
- 0,600 mm;
- 0,250 mm (#60);
- 0,125 mm (#120);
- 0,063 mm (#250);
- 0,020 mm (#500);
- <0,020 mm (pan).

#### 2.3.6.2.3 ENSAIOS DE LIXIVIAÇÃO DE CURTO-PRAZO

Os itens a seguir descrevem variações de ensaios de lixiviação designados para serem realizados com as amostras selecionadas.



### 2.3.6.2.3.1 Lixiviação NBR 10.005 (ABNT, 2004) - Fase I

O ensaio NBR 10.005 (ABNT, 2004a) é utilizado para determinar se o material é tóxico, de acordo com os termos de regulamentação de resíduos sólidos do Brasil.

O ensaio é realizado a uma razão de sólido - líquido (S: L) de 1:20. Dependendo do tipo de amostra (como definido pela análise de pH inicial), um dos dois tipos de lixivantes é utilizado :1) solução de ácido acético (HOAc) com pH inicial de 2,9; ou 2) solução de acetato de sódio (HOAc/NAOC) tamponada em pH 4,9.

O teste possui duração de 18 horas, e é conduzido em temperatura ambiente. Os lixiviados são filtrados através membranas filtrantes de 0,45- $\mu$ m antes de serem submetidos às análises.

### 2.3.6.2.3.2 Solubilização NBR 10.006 (ABNT, 2004) - Fase I

O ensaio NBR 10.006 (ABNT, 2004b) é utilizado para determinar se o material é inerte ou não inerte, de acordo com os termos da regulamentação de resíduos sólidos do Brasil.

O ensaio simula o potencial de lixiviação do material através de meteorização a partir de água (i.e., água de chuva). O ensaio é realizado com água deionizada, com uma relação S: L de 1:4, e com duração de 7 dias, em temperatura ambiente. O lixiviado é filtrado através do filtro de 0,45- $\mu$ m antes de serem submetidos às análises.

### 2.3.6.2.3.3 Teste de Campo (Barrel Test)

Serão realizados testes cinéticos para avaliar o comportamento de médio prazo dos rejeitos fonte sob intemperismo em condições subaéreas expostas mais próximas das condições reais.

Neste ensaio, uma vez que uma amostra adequada seja obtida, a mesma deverá ser colocada nas células de campo com base nos seguintes procedimentos:

- A tampa do tambor plástico (Bombona Ou Container IBC) deverá ser cortada ou removida;
- O interior de cada tambor (Bombona ou Container IBC) deverá ser inspecionado. Toda a sujeira eventualmente presente deverá ser removida, e o interior do tambor deverá estar limpo e seco, previamente a colocação das amostras;
- Um adaptador flange com saída para conexão de mangueira de jardim (1/2") deverá ser instalado na parte inferior de cada tambor (mais próximo ao fundo quanto possível). Estes adaptadores deverão, ainda, ser selados com silicone, a fim de evitar eventuais vazamentos.
- Após a instalação do flange, uma camada de drenagem inferior deverá ser colocada no fundo de cada célula. Esta camada consiste de cerca de 15 cm de altura de areia (fornecida por empresas de insumos para sondagem) com 100% passante em 30 Mesh Tyler, e deverá ser recoberta por uma membrana geotêxtil (tecido de filtro),



que funcionará como superfície de separação entre camada drenante inferior, e o material a ser colocado nas células;

- Uma pequena peça de geotêxtil deverá também ser colocada entre o flange de saída do tambor e a camada drenante, a fim de evitar que grãos de areia desta camada migrem para fora do tambor;
- Cada célula de campo deverá ser colocada sobre uma berma (suporte) preparada para tal finalidade, sendo que a mesma deverá ter inclinação de 5%. Nesta configuração, os tambores (Bombona Ou Container IBC) ficam ligeiramente inclinados, a fim de drenar a água tanto quanto possível para o recipiente de coleta de amostras. Este, por sua vez, poderá ser representado por um balde graduado, translúcido ou transparente, fabricado com plástico inerte. A locação das células de campo deverá ocorrer em uma área designada especificamente para tal;
- Os Baldes graduados para a coleta do efluente das células deverão ter tampa, e capacidade total de 20 L. Os mesmos deverão ser instalados junto à saída da drenagem das células, na parte inferior frontal das mesmas. Esta conexão é realizada através de um orifício que deverá ser feito na tampa de cada balde graduado. A conexão deverá ser selada com silicone, ou presa com abraçadeiras quando conveniente, de forma a evitar a entrada de água que não aquela drenada das células.
- Uma torneira plástica deverá ser instalada na porção inferior de cada balde, de forma a permitir a amostragem da água ali presente.
- Um saco plástico de amostragem de rochas deverá ser colocado sobre o balde, de forma a auxiliar na prevenção contra a contaminação da água em seu interior, por sujidade e água de chuvas.
- Cada célula de campo deverá ser rotulada de forma permanente, contendo informações, tais como: nomenclatura ou código de designação da célula de campo, informações sobre a origem e localização da coleta da amostra, seu tipo/classe de material, data em que foi construído/instalado, massa de material, e outras informações julgadas pertinentes à época da realização dos testes.

A Foto 2-8 e a Foto 2-9, abaixo, mostram panoramas do aspecto final da instalação das células no campo.





Foto 2-8: Exemplo de aspecto panorâmico de células de campo – sítio 1.



Foto 2-9: Exemplo de aspecto panorâmico de células de campo sítio 2.

#### 2.3.6.2.3.4 Coleta e análise dos lixiviados (ou efluentes)

Ao final de cada mês do teste de campo, o volume de drenagem de água de cada célula deverá ser registrado previamente à coleta de amostras, ou descarte do excesso da água coletada. A Coleta deverá ser realizada ao final de cada mês de ensaio, devendo os ensaios ser iniciado no início de um mês em específico;

A condutividade elétrica, o pH e a temperatura da água deverão ser registrados previamente a coleta de amostras, utilizando equipamentos calibrados. Também devem ser registradas outras observações pertinentes, tais como a descoloração, precipitado mineral, e o crescimento de algas. Após estes procedimentos a amostra deve ser coletada;

As amostras de águas coletadas deverão ser submetidas a um laboratório externo, para análise. Os seguintes parâmetros deverão ser analisados: condutividade elétrica, pH, alcalinidade (total, como carbonatos e bicarbonatos), sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos totais, dureza, acidez total, sulfato, cloreto, fluoreto, nitrato, nitrito,



nitrogênio amoniacal, metais totais e dissolvidos (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Th, V, e Zn) por ICP-MS ou HG-AAS, quando conveniente.

### 2.3.7 METAS E INDICADORES

A meta deste programa é responder a questões chave, apresentadas, relacionadas com a presença dos rejeitos liberados no ambiente.

### 2.3.8 EQUIPE TÉCNICA

Este programa pode ser orientado por profissionais especializados em geoquímica ambiental.

### 2.3.9 AVALIAÇÃO E ACOMPANHAMENTO

A avaliação e acompanhamento serão através de apresentação de relatórios técnicos.

### 2.3.10 RESPONSABILIDADE PELA EXECUÇÃO DO PROGRAMA

O empreendedor é responsável pela execução deste plano, podendo contratar empresas especializadas para sua execução.

### 2.3.11 CRONOGRAMA

O cronograma estimado para a conclusão do programa proposto é de 16 meses, como mostrado na Tabela 2-7.

Os testes cinéticos (isto é, teste de coluna e teste de célula úmida) dependendo dos resultados obtidos ao longo das avaliações poderão ter sua duração estendida para além dos prazos indicados neste cronograma.

O mesmo poderá acontecer com relação aos bioensaios com organismos terrestres e espécies vegetais, os quais as condições de ensaio e organismos a serem testado ainda estão sendo discutidos.



Tabela 2-7: Cronograma para a execução do Programa de Caracterização do Rejeito.

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr
Reuniões iniciais e planejamento																
Trabalhos técnicos para determinação de <i>baseline</i>																
Draft Plano de Caracterização Geoquímica																
Programa de amostragem em campo																
Análise Laboratoriais (Fase I)																
Draft do Relatório Final (Fase I)																
Análise Laboratoriais (Fase II)																
Compilação e análise dos dados																
Relatório Final																

Fonte: Adaptado de Geoviron, 2019



## 2.4 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE RUÍDO E VIBRAÇÃO

### 2.4.1 INTRODUÇÃO

O Programa de Monitoramento de Ruído e Vibração apresenta um conjunto de ações orientado ao conhecimento da dinâmica de tais atributos frente às atividades que envolvem as Obras Emergenciais da Mina do Córrego do Feijão.

### 2.4.2 JUSTIFICATIVA

A execução das intervenções previstas nas Obras Emergenciais realizadas e a serem realizadas em decorrência do rompimento da Barragem B I da Mina do Córrego do Feijão implicará em emissões de ruído e vibração, inerentes a essas atividades.

Tais emissões apresentam potencial de provocar incômodo às comunidades presentes no entorno da área diretamente afetada pelas Obras Emergenciais, conforme apresentado no diagnóstico e na avaliação de impactos.

Neste sentido, o Programa de Monitoramento de Ruído e Vibração estabelece locais prioritários, onde haverá um acompanhamento sistemático dos níveis de ruído e vibração ao longo das atividades previstas no âmbito das Obras Emergenciais.

### 2.4.3 OBJETIVOS

Esse programa tem por objetivo propor o monitoramento sistemático dos níveis de ruído e vibração nas localidades identificadas como de possível incômodo, comparando os resultados com os valores de referência pertinentes, permitindo averiguar a manifestação do impacto nessas localidades.

Os objetivos específicos são:

- Identificar possível alteração dos níveis de ruído e de vibrações resultante das atividades do empreendimento;
  - Permitir o acompanhamento sistemático ao das atividades a serem realizadas no âmbito das obras emergências nas etapas de implantação/operação e desativação;
- Garantir o tratamento das reclamações recebidas por parte da comunidade por meio de elaboração de Plano de Ação, sempre que pertinente.

### 2.4.4 PÚBLICO ALVO E/OU ABRANGÊNCIA

Comunidades vizinhas ou que podem perceber impactos das obras, localizadas no município de Brumadinho, com destaque para Pires, Alberto Flores, Córrego do Feijão, Canta-Galo, Parque da Cachoeira e Tejuco.



## 2.4.5 REQUISITOS LEGAIS

### 2.4.5.1 RUÍDO

De acordo com a Resolução Nº 1, de 08 de março de 1990 do CONAMA, qualquer atividade geradora de ruído deve seguir diretrizes vinculadas à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e ao Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), no caso de ruído produzido por veículos automotores.

Conforme essa Resolução são prejudiciais à saúde e ao sossego público níveis de ruído superiores àqueles definidos na norma ABNT NBR 10.151 “Acústica – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, Visando o Conforto Acústico da Comunidade – Procedimento” (ABNT, 2000). A norma, além de estabelecer os procedimentos gerais para realização das medições, estabelece os limites apresentados na Tabela 2-8 para diferentes tipos de áreas.

Segundo a ABNT NBR 10.151:2000, os limites de horário para os períodos diurno e noturno podem ser definidos pelas autoridades de acordo com os hábitos da população, porém as medições diurnas devem ser realizadas depois das 7h (sete horas) e as medições noturnas depois das 22h (vinte e duas horas).

**Tabela 2-8: Limites dos Níveis de Ruído por Tipos de Áreas.**

Tipos de Áreas	Diurno dB(A)	Noturno dB(A)
Áreas de Sítios e Fazendas	40	35
Área Estritamente Residencial Urbana ou de Hospitais ou de Escolas	50	45
Área Mista, Predominantemente Residencial	55	50
Área Mista, com Vocação Comercial e Administrativa	60	55
Área Mista, com Vocação Recreacional	65	55
Área Predominantemente Industrial	70	60

Fonte: NBR 10.151, 2000.

A Lei Estadual 10.100 do Estado de Minas Gerais, de 17 de janeiro de 1990 estabelece que são prejudiciais à saúde, à segurança ou ao sossego públicos os níveis de ruído que: (i) atinjam, no ambiente exterior do recinto em que têm origem, nível de som superior a 10 dB(A) acima do ruído de fundo existente no local, sem tráfego; (ii) independentemente do ruído de fundo, atinjam no ambiente exterior do recinto em que tem origem, nível sonoro superior a 70 dB(A) durante o dia, e 60dB(A) durante a noite, explicitado o horário noturno como aquele compreendido entre as 22 horas e as 6 horas, se outro não estiver estabelecido na legislação municipal pertinente.

Dada a urgência e excepcionalidade das Obras Emergenciais, conforme Lei Complementar Nº 67/2012, que dispõe da Política Municipal de Meio Ambiente de Brumadinho, as obras foram executadas e amparadas conforme legislação a seguir, o que não dispensa a devida atenção aos efeitos da mesma sobre o bem-estar da população e o foco nas operações de modo a atender o que propõe a Lei nº 2412 de 18/06/2018 do município de Brumadinho.



Art. 105. Os sons e ruídos produzidos pelos serviços de construção civil devem respeitar os limites máximos estabelecidos no Anexo VII, parte integrante desta lei.

Parágrafo único. Excetua-se destas restrições as obras e os serviços urgentes e inadiáveis decorrentes de casos fortuitos ou de força maior, acidentes graves ou perigo iminente à segurança e ao bem estar da comunidade bem como o restabelecimento de serviços públicos essenciais, tais como energia elétrica, gás, água, esgoto e sistema viário.

### 2.4.5.2 VIBRAÇÃO

Devido à inexistência de normas técnicas brasileiras que possam ser utilizadas como referência na avaliação de efeitos de vibrações contínuas e/ou intermitentes, em pessoas e em edificações, foram adotados os valores de velocidade de partícula (pico) recomendados na referência “WHIFFIN & LEONARD (1971)”.

As medições de vibração são comparadas aos valores de referência apresentados na Tabela 2-9, na qual estão apresentadas faixas de valores de velocidade de partícula (pico) e as relações entre estas e as reações dos seres humanos, bem como os efeitos dessas velocidades sobre as construções.

A Norma técnica DIN 45669 Parte 1 (1995) e Parte 2 (2005) definem os procedimentos de medição de vibração para avaliação dos efeitos em edificações e seres humanos.

**Tabela 2-9: Vibrações: percepção dos humanos e seus efeitos sobre as edificações.**

Velocidade de Partícula Pico (mm/s)	Reação Humana	Efeitos sobre as Construções
0 – 0,15	Imperceptível pela população, não incomoda	Sem danos
0,15 a 0,30	Limiar de percepção – possibilidade de incômodo	Sem danos
2,0	Vibração perceptível	Vibrações máximas recomendadas ruínas e monumentos antigos
2,5	Vibrações contínuas produzem incômodo na população	Virtualmente, não há risco de dano arquitetural às construções normais
5	Vibrações incomodativas	Limiar, no qual existe risco de dano às construções
10 – 15	Vibrações desagradáveis	Causam danos arquiteturais às residências

**Observação:** As velocidades-pico de partícula referem-se ao componente vertical da vibração. A medição para avaliação da resposta humana é feita no ponto onde esta se localiza. Para edificações, o valor refere-se à medição realizada no solo.

Fonte: Adaptado de: WHIFFIN & LEONARD, 1971.

### 2.4.6 METODOLOGIA

As medições de ruído e vibração serão realizadas semanalmente nos períodos diurno (07:01h às 19:00h) e no noturno (22:00h as 07:00h) com duração de 10 minutos para cada ponto. Além disso, serão registrados os parâmetros meteorológicos (temperatura, umidade, direção e velocidade do vento) medidos no momento das medições em cada ponto.



### 2.4.6.1 REDE DE MONITORAMENTO

Os pontos a serem monitorados foram definidos em função da presença de receptores no entorno da área a sofrer interferência direta em razão das emissões inerentes às diversas atividades que compõem as obras emergências, conforme descrito na avaliação de impactos.

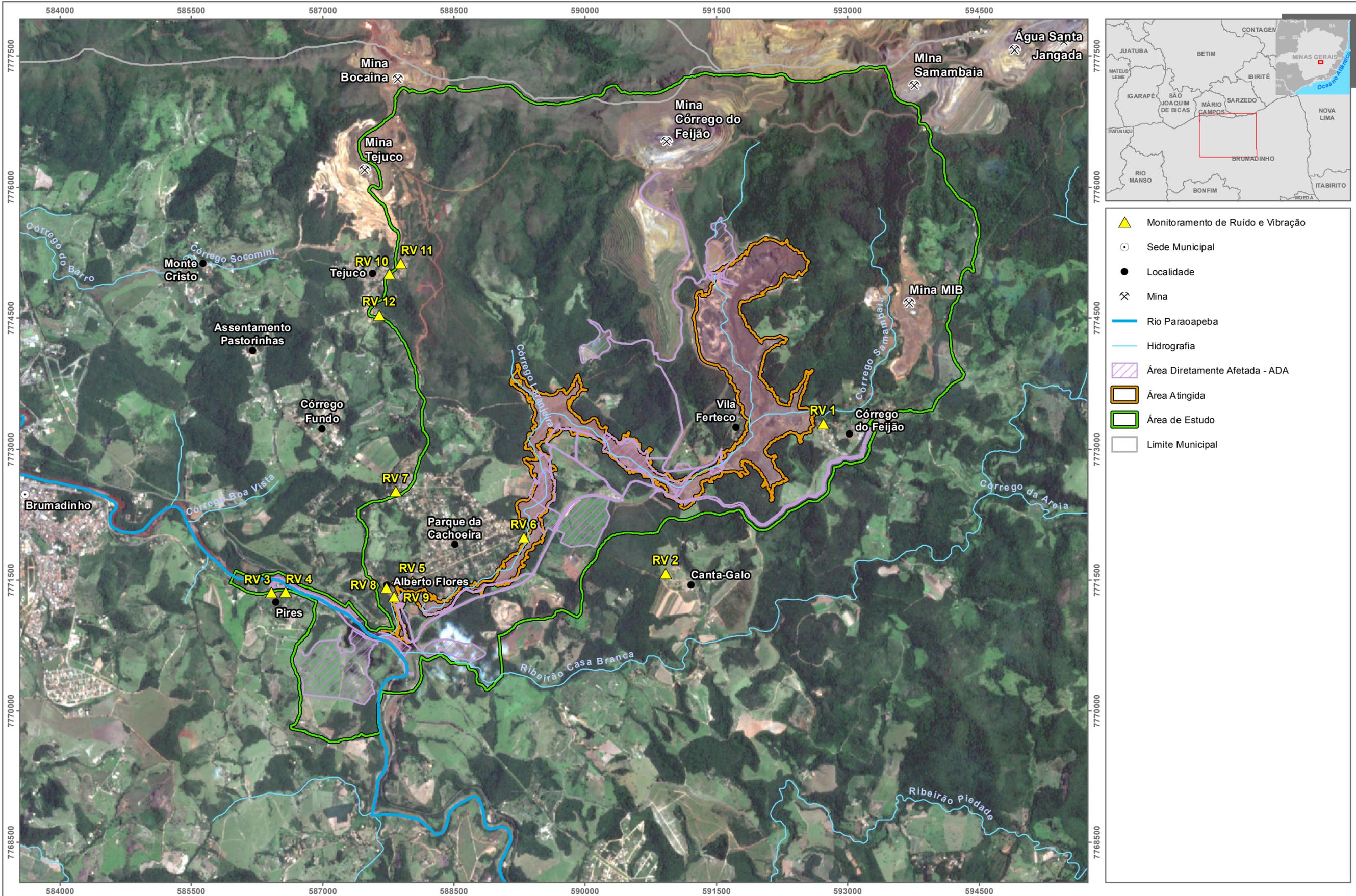
A Tabela 2-10 apresenta as coordenadas e a Figura 2-11 mostra a localização desses pontos em relação a área a ser diretamente afetada pelas Obras Emergenciais.

**Tabela 2-10: Locais de realização das medições de ruído e de vibração.**

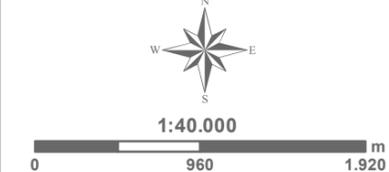
Ponto	Localidade	x	y	Local
RV 1	Córrego do Feijao	592721	7773293	Córrego do Feijao
RV 2	Canta-galo	590919	7771580	Canta-galo
RV 3	Pires	586282	7771331	Pires
RV 4	Pires	586477	7771203	Pires
RV 5	Parque da Cachoeira	588030	7771492	Parque da Cachoeira
RV 6	Parque da Cachoeira	589304	7771988	Parque da Cachoeira
RV 7	Parque da Cachoeira	587835	7772520	Parque da Cachoeira
RV 8	Alberto Flores	587731	7771413	Alberto Flores
RV 9	Alberto Flores	587819	7771311	Alberto Flores
RV 10	Tejuco 1	587230	7775099	Tejuco
RV 11	Tejuco 2	587466	7774946	Tejuco
RV 12	Tejuco 3	587647	7774540	Tejuco

Dada a dinâmica das obras, principalmente pelo caráter emergencial, poderão ser acrescentados/excluídos pontos de monitoramento ao longo da execução do programa em função de alteração de projeto ou de alteração nas rotas a serem utilizadas para a circulação de máquinas e veículos pesados.





- Monitoramento de Ruído e Vibração
- Sede Municipal
- Localidade
- Mina
- Rio Paraoapeba
- Hidrografia
- Área Diretamente Afetada - ADA
- Área Attingida
- Área de Estudo
- Limite Municipal



Base Cartográfica (Fonte): limites políticos (IBGE, 2015); hidrografia (IGAM, 2002); ada (Vale, 2019); área de estudo (Ampló, 2019); imagens de satélite Sentinel (15/08/2018) e Pleiades (29/01/2019).

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 23S  
 Projeção: Transverse Mercator  
 Datum: SIRGAS 2000

	Projeto: <b>PCA Obras Emergenciais - Mina Corrego do Feijão</b>			
	Título: <b>Pontos de Monitoramento de Ruído e Vibração</b>			
Elaboração:	Data:	Formato:	Arquivo:	
<b>Geoprocessamento Ampló</b>	<b>06/05/2019</b>	<b>A3</b>	<b>PCA_Monit_RuidoVibraoov00</b>	



### 2.4.6.2 EQUIPAMENTOS A SEREM UTILIZADOS NAS MEDIÇÕES DE RUÍDO E VIBRAÇÃO

Para as medições de ruído, os equipamentos a serem utilizados devem obedecer aos seguintes critérios:

- Integrador Sonoro em Tempo Real capaz de registrar os níveis sonoros globais,  $L_{eq}$ ,  $L_{MAX}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$  e  $L_{MIN}$  na curva de ponderação A, de 01 (um) em 01 (um) segundo;
- Integrador sonoro do tipo 1 (um), conforme padrões estabelecidos pelas normas IEC 651, IEC 804, IEC 61672-1, IEC 1260, ANSI S1.11;
- Calibrador de nível de pressão sonora, classificado como do tipo 1 (um), conforme padrões estabelecidos pela norma IEC-60942, com precisão de +/-0,3dB e com variação máxima de +/-2% na frequência de emissão de 1000Hz.

Para as medições de vibração, os equipamentos a serem utilizados devem obedecer aos seguintes critérios:

- Medidor, Analisador e Monitor de eventos de vibração em Tempo Real de 4 canais, que seja capaz de registrar espectros de velocidade de pico em bandas de 1/3 de oitavas e FFT;
- Acelerômetro triaxial, devidamente calibrado.

Todos os equipamentos devem possuir certificados de calibração com prazos de validade em vigor, emitidos pelo INMETRO ou outro órgão que seja integrado à Rede Brasileira de Calibração e devidamente credenciado pelo INMETRO.

### 2.4.6.3 PROCEDIMENTOS A SEREM ADOTADOS NAS MEDIÇÕES DE RUÍDO E VIBRAÇÃO

Os procedimentos de medição de ruído serão realizados em conformidade com as normas NBR 10.151/2000, NBR 7731/1983 e as normas ISO 1996. As ações gerais de medição de ruído e vibração incluem os cuidados necessários para garantir a qualidade apropriada aos dados registrados durante as medições sonoras em relação à posição de microfone, distâncias de superfícies refletoras, utilização de tripé, utilização de protetor de vento e demais requisitos referenciados nessas Normas Técnicas. O medidor de ruído será devidamente ajustado com fonte calibrada de 94dB, em 1000Hz, antes e após a realização das medições sonoras, não havendo variação superior a 0,5 dB em 1000 Hz entre os dois ajustes.

Todas as medições sonoras serão efetuadas em modo contínuo de monitoramento, registrando Níveis Sonoros Equivalentes Contínuos, na curva de ponderação A, de 01 (um) em 01 (um) segundo, durante todo o intervalo de medição. Durante as medições de velocidade de partícula (vibração) serão tomadas todas as precauções cabíveis para garantir a qualidade dos dados coletados, com relação à instalação e posicionamento do acelerômetro, conforme recomendações da norma técnica DIN 45669, Parte 1 (1995) e Parte 2 (2005).



## 2.4.7 METAS E INDICADORES

### META

A meta do programa é o cumprimento das campanhas de medição com 100% de aderência ao cronograma proposto, que terá frequência semanal.

### INDICADORES

Os indicadores ambientais propostos para esse programa são o índice de acréscimo de ruído e o índice de acréscimo de vibração medido por meio das seguintes fórmulas:

- IAR (Índice de Acréscimo de Ruído) =  $\sum(\text{Valor medido em cada ponto}/\text{valor de referência (background) do ponto})/\text{número de pontos}$ .
- IAV (Índice de Acréscimo de Vibração) =  $\sum(\text{Valor medido em cada ponto}/\text{valor de referência (background) do ponto})/\text{número de pontos}$ .
- Percentual de campanhas de monitoramento realizadas em relação às previstas.

Quanto mais baixo esse valor, melhor a eficácia das medidas de controle ambiental implementadas e menor o aumento nos níveis de ruído e de vibração em decorrência do empreendimento.

## 2.4.8 EQUIPE TÉCNICA

Para a execução das medições objeto deste monitoramento serão necessários um engenheiro ou profissional de nível superior especializado na realização e tratamento dos dados das medições de ruídos e um profissional de nível técnico ou superior com qualificação para apoio nos trabalhos de medição em campo.

## 2.4.9 AVALIAÇÃO E ACOMPANHAMENTO

A avaliação e acompanhamento serão realizados por meio da elaboração de relatórios mensais das atividades desenvolvidas no âmbito deste Programa.

Este relatório será elaborado de forma didática, objetiva e transparente, visando possibilitar uma visão sistêmica de todas as tarefas desenvolvidas pela equipe técnica e deverá conter as seguintes informações:

- Status geral do atendimento das ações estabelecidas.
- Metodologia adotada na execução dos trabalhos.
- Apresentação e avaliação dos resultados obtidos
- Apresentação e avaliação das metas e dos indicadores ambientais
- Registro fotográfico.
- Considerações finais com análise crítica e proposição de adequação na rede de monitoramento quando pertinente.



## 2.4.10 RESPONSABILIDADE PELA EXECUÇÃO DO PROGRAMA

A responsabilidade pela execução deste programa é da Vale, que atuará de forma cooperativa com as terceirizadas para garantir o cumprimento de suas metas.

## 2.4.11 CRONOGRAMA

O cronograma será apresentado inicialmente para o primeiro ano de atividades, período no qual está prevista a finalização de quase todas as intervenções.

**Tabela 2-11: Cronograma Executivo Programa de Monitoramento de Ruído e Vibração – Obras Emergenciais.**

Atividade	ANO 01											
	MÊS 01	MÊS 02	MÊS 03	MÊS 04	MÊS 05	MÊS 06	MÊS 07	MÊS 08	MÊS 09	MÊS 10	MÊS 11	MÊS 12
Realização de campanha semanal de monitoramento de ruído e vibração nos períodos diurno e noturno												
Emissão de Relatório Mensal de acompanhamento das atividades												
Emissão de Relatório Anual de acompanhamento das atividades												

Ressalta-se que as atividades desse programa estão intrinsecamente relacionadas às obras, sendo essencial que o cronograma seja avaliado e revisto ao final de cada ano em função da evolução das mesmas.



## **2.5 PLANO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS**

### **2.5.1 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS**

#### **2.5.1.1 INTRODUÇÃO**

Este Programa descreve as ações de monitoramento das águas superficiais consolidando e complementando as ações já executadas no âmbito do Plano de Monitoramento Emergencial.

O presente programa apresenta diretrizes para o monitoramento dos cursos d'água da bacia do rio Paraopeba sob influência dos rejeitos oriundos do rompimento da Barragem BI e das Obras Emergenciais.

#### **2.5.1.2 JUSTIFICATIVA**

A qualidade das águas do rio Paraopeba e alguns afluentes foram diretamente afetadas pelos rejeitos. Os levantamentos de qualidade da água conduzidos na etapa do diagnóstico ambiental indicam diversas alterações nas características das águas superficiais decorrentes do aporte dos rejeitos.

As Obras Emergenciais consistem em uma série de medidas que visam conter o deslocamento dos rejeitos e sedimentos depositados. Diminuído o aporte desses materiais ao rio Paraopeba, bem como preparar a recuperação ambiental do ribeirão Ferro-Carvão e do rio Paraopeba, visando a melhoria contínua da qualidade das águas dos mesmos.

Assim, o Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais descrito nos itens subsequentes, visa acompanhar as características da qualidade da água por meio de análises sistemáticas previstas em campo e em laboratório.

O presente programa tem ainda como foco avaliar a eficiência dos mecanismos de contenção dos rejeitos e tratamento das águas, visando obter uma integração entre as ações executadas e as condições gerais dos corpos hídricos, o que possibilitará adotar medidas estratégicas e corretivas.

#### **2.5.1.3 OBJETIVOS**

O monitoramento de qualidade de água superficial tem por finalidade acompanhar sistemática e periodicamente parâmetros físico-químicos convencionais aos padrões e critérios estabelecidos por legislação específica, e as variações desses parâmetros, de modo a fornecer dados e informações referente a eficiência dos sistemas de tratamento e contenção dos rejeitos instalados.

Os resultados revelam a evolução e o comportamento dos parâmetros de interesse auxiliando nas tomadas de decisões referente a mitigação da área, com o intuito de restabelecer os padrões de qualidade



Informações geradas através da análise dos dados obtidos nos monitoramentos avaliam a eficiência de sistemas de tratamentos, apontam eventuais anomalias nos padrões de qualidade da água, e, desta forma, subsidiam tomadas de decisão no que se refere à implementação de ações de controle, mitigação e remediação, quando for o caso, de forma a buscar o restabelecimento dos padrões de qualidade requeridos.

Deste modo os objetivos específicos deste monitoramento são:

- Caracterizar as alterações na qualidade das águas superficiais durante as atividades das Obras Emergenciais e após a conclusão das mesmas;
- Acompanhamento das variações sazonais naturais dos principais constituintes físico-químicos das águas e analisar eventuais interferências nas águas decorrentes de ações antrópicas exógenas às atividades do empreendimento geradas na bacia de drenagem;
- Monitorar a qualidade das águas dos cursos d'água que drenam das estruturas das Obras Emergenciais;
- Acompanhar a variação dos principais constituintes físico-químico das águas de modo a evidenciar as melhorias adquiridas com a implantação das estruturas;
- Avaliar a eficiência da implantação das estruturas de contenção de rejeitos e tratamento de água;
- Fornecer subsídios para a identificação de problemas nas águas que exijam o desenvolvimento de estudos detalhados;
- Registrar, de forma sistemática, os resultados obtidos em relação aos padrões ambientais estabelecidos na Resolução DN COPAM 01/08 para águas doces classe 2. Assim como demais instrumentos normativos;
- Indicar ações estratégias para a melhoria dos padrões de qualidade das águas.

#### **2.5.1.4 PÚBLICO ALVO E/OU ABRANGÊNCIA**

O monitoramento da qualidade das águas superficiais deverá considerar os cursos de água sob influência dos rejeitos provenientes do rompimento da Barragem BI, assim como pontos sem interferência dos rejeitos para se obter uma comparação dos resultados. Os cursos d'águas avaliados se localizam na bacia do rio Paraopeba.

#### **2.5.1.5 REQUISITOS LEGAIS**

Para fins de verificação ao atendimento do padrão legal deverá ser utilizado os valores orientadores da Deliberação COPAM/CERH-MG nº 1 de 05 de 2008, por se tratar de uma deliberação estadual, portanto tão ou mais restritiva que a Resolução Federal, CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.

Segundo Deliberação Normativa COPAM nº 14 de 28 de dezembro de 1995. Os pontos propostos neste programa são enquadrados como classe 2.



Quanto aos procedimentos de coleta, acondicionamento e preservação de amostras serão adotados a ABNT NBR 9898: *Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento*; ABNT NBR 9897: *Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento*; e/ou, os procedimentos preconizados pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SMEWW), 23ª edição (2017), publicado pela American Water Works Association, American Public Health Association & Water Environmental Federation (APHA).

Os procedimentos analíticos serão realizados conforme métodos preconizados pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005), normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), procedimentos da Agência Ambiental Americana (EPA) e/ou quaisquer outros métodos aplicáveis, quando julgados mais apropriados.

Todos os parâmetros, métodos analíticos, limite de quantificação, incertezas dos métodos, faixas certificadas de todos os parâmetros credenciados pela NBR ISO/ IEC 17025, constarão em anexo aos relatórios elaborados, em Planilhas de Parâmetros e Qualidade Analítica.

## 2.5.1.6 METODOLOGIA

### 2.5.1.6.1 REDE DE AMOSTRAGEM

A rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais deverá compreender pontos de coleta em cursos d'água por toda a área sob influência do rejeito. A proposta da rede deverá, preferencialmente, utilizar pontos que já possuem uma série histórica de monitoramento, como os que subsidiaram os estudos de qualidade das águas superficiais do EIA, e inserir novos pontos para complementar a rede.

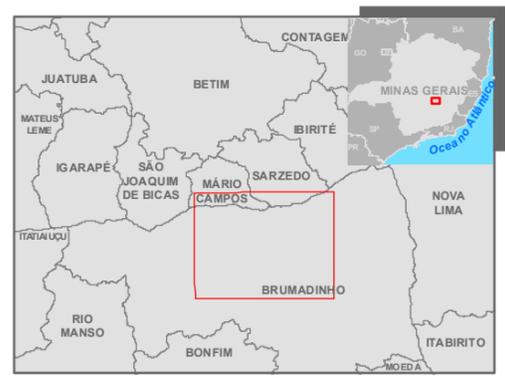
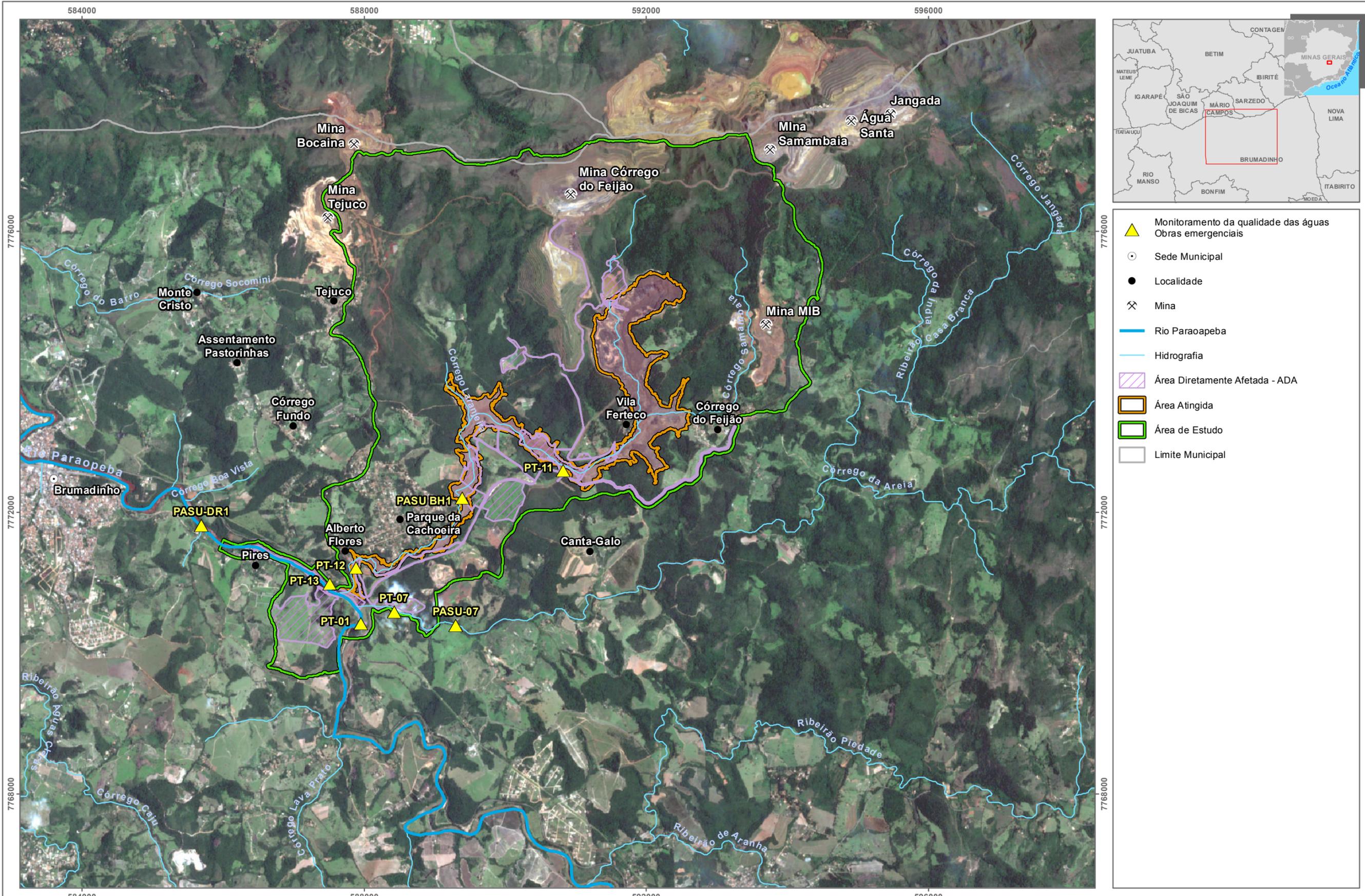
Desta forma, a rede amostral contemplará, especificamente, trechos de drenagens a montante e a jusante das futuras a serem implantadas de modo a subsidiar o controle e averiguar a eficiência dos sistemas. Deverão ser considerados tanto ambientes lóticos, quanto os ambientes lênticos que serão formados a partir da implantação do dique e das duas barreiras hidráulicas.

Os pontos estão distribuídos na bacia hidrográfica do rio Paraopeba, a Tabela 2-12 e a Figura 2-12 apresentam a rede de amostragem de qualidade das águas superficiais. Entretanto, à luz dos primeiros resultados, a malha amostral poderá ser acrescida ou reduzida em pontos de coleta, assim como, terem pontos relocados.

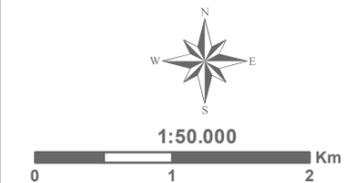
**Tabela 2-12: Rede de Amostragem do Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas.**

Ponto	Bacia	Curso d'água	Estrutura associada	Trecho	Frequência		Coordenadas	
					Implantação	Operação	X	Y
PT-11	Rio Paraopeba	ribeirão Ferro-Carvão	Barreira Hidráulica BH0	1	Semanal	Mensal	590827,8	7772599
PASU-BH1	Rio Paraopeba	ribeirão Ferro-Carvão	Barreira Hidráulica BH1 e Dique 2	1	Semanal	Mensal	589394,6	7772211
PT-12	Rio Paraopeba	ribeirão Ferro-Carvão	Cortina metálica com estacas pranchas e recuperação do acesso da LMG-813	1	-	Mensal	587887,1	7771214,1
PT-07	Rio Paraopeba	ribeirão Ferro-Carvão	Estação de Tratamento Ferro-Carvão (ETAF) - jusante	1	Semanal	Mensal	589298,01	7770398,03
PASU-07	Rio Paraopeba	ribeirão Ferro-Carvão	Estação de Tratamento Ferro-Carvão (ETAF) - montante	1	Semanal	Mensal	588428	7770591
PT-01	Rio Paraopeba	rio Paraopeba	Dragagem do Rio Paraopeba	2	-	Mensal	587957	7770420
PT-13	Rio Paraopeba	rio Paraopeba	Dragagem do Rio Paraopeba	2	-	Mensal	587511	7770991
PASU-DR1	Rio Paraopeba	rio Paraopeba	Dragagem do Rio Paraopeba	2	-	Mensal	585690,8	7771814,6





- Monitoramento da qualidade das águas
- Obras emergenciais
- Sede Municipal
- Localidade
- Mina
- Rio Paraopeba
- Hidrografia
- Área Diretamente Afetada - ADA
- Área Atingida
- Área de Estudo
- Limite Municipal



Base Cartográfica (Fonte): limites políticos (IBGE, 2015); hidrografia (IGAM, 2002); ada (Vale, 2019); área de estudo (Ampló, 2019); imagens de satélite Sentinel (15/08/2018) e Pleiades (29/01/2019).

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 23S  
 Projeção: Transverse Mercator  
 Datum: SIRGAS 2000

	Projeto: <b>PCA Obras Emergenciais - Mina Córrego do Feijão</b>			
	Título: <b>Pontos de monitoramento da qualidade das águas – Obras emergenciais</b>			
Elaboração:	Data:	Formato:	Arquivo:	
<b>Geoprocessamento Ampló</b>	<b>05/05/2019</b>	<b>A3</b>	<b>PCA_QualidadeAguav00</b>	



### 2.5.1.6.2 PARÂMETROS DE ANÁLISE

Os parâmetros de análise serão definidos com base nos monitoramentos já realizados, considerando a tipologia das atividades e a legislação vigente: Resolução CONAMA 357/05 e Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG 01/08. A Tabela 2-13 apresenta a listagem de parâmetros.

Ressalta-se que a luz dos resultados a listagem de parâmetros analisados poderá ser revisada com a inclusão ou exclusão de parâmetros caso se faça necessários. Quaisquer alterações na listagem de parâmetros serão informadas ao órgão ambiental.

**Tabela 2-13: Parâmetros de Análise.**

Parâmetro	Limite DN COPAM 01/08
1,1-Dicloroetano (mg/l)	0,003
1,1-Dicloroetano (ug/l)	3
1,2-Dicloroetano (mg/l)	0,01
1,2-Dicloroetano (ug/l)	10
2-Clorofenol (ug/l)	0,1
2,4-D (Ácido (2,4-diclorofenoxi)acético) (ug/l)	4
2,4-Diclorofenol (ug/l)	0,3
2,4,5-T (Ácido 2,4,5-Triclorofenoxiacético) (ug/l)	2
2,4,5-TP (Ácido 2-(2,4,5-Triclorofenoxi)propanoico) (ug/l)	10
2,4,6-Triclorofenol (mg/l)	0,01
2,4,6-Triclorofenol (ug/l)	10
Acrilamida (ug/l)	0,5
Alacloro (ug/l)	20
Alcalinidade total (mg CaCO3/l)	-
Aldrin + Dieldrin (ug/l)	0,005
Alumínio dissolvido (mg/l)	0,1
Alumínio total (mg/l)	-
Antimônio dissolvido (mg/l)	-
Antimônio total (mg/l)	0,005
Arsênio dissolvido (mg/l)	-
Arsênio total (mg/l)	0,01
Atrazina (ug/l)	2
Bário dissolvido (mg/l)	-
Bário total (mg/l)	0,7
Benzeno (mg/l)	0,005
Benzidina (ug/l)	0,001
Benzo(a)antraceno (ug/l)	0,05
Benzo(a)pireno (ug/l)	0,05
Benzo(b)fluoranteno (ug/l)	0,05
Benzo(k)fluoranteno (ug/l)	0,05
Berílio dissolvido (mg/l)	-
Berílio total (mg/l)	0,04
Bifenila Policlorada (PCBs) (ug/l)	0,001
Boro dissolvido (mg/l)	-



Parâmetro	Limite DN COPAM 01/08
Boro total (mg/l)	0,5
Cádmio dissolvido (mg/l)	-
Cádmio total (mg/l)	0,001
Carbaril (ug/l)	0,02
Carbono orgânico total (mg/l)	-
Chumbo dissolvido (mg/l)	-
Chumbo total (mg/l)	0,01
Cianeto livre (mg/l)	0,005
Clordano (ug/l)	0,04
Cloreto (mg/l)	250
Cloro residual (mg/l)	0,01
Clorofila-a (ug/l)	30
Cobalto dissolvido (mg/l)	-
Cobalto total (mg/l)	0,05
Cobre dissolvido (mg/l)	0,009
Cobre total (mg/l)	-
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	1000
Coliformes Totais (NMP/100ml)	-
Condutividade elétrica (uS/cm)	-
Contagem de Cianobactérias (ceL/ml)	50000
Cor verdadeira (mgPt/L)	75
Criseno (ug/l)	0,05
Cromo dissolvido (mg/l)	-
Cromo total (mg/l)	0,05
DBO (mg O2/l)	5
DDT + DDE + DDD (ug/l)	0,002
Demeton (Demeton-O + Demeton-S) (ug/l)	0,1
Densidade de cianobactérias (ceL/ml)	50000
Dibenzo(a,h)antraceno (ug/l)	0,05
Diclorometano (mg/l)	0,02
Diclorometano (ug/l)	20
Dodecacloro pentaciclodecano (ug/l)	0,001
DQO (mg/l)	-
Endosulfan (alfa + beta + sulfato) (ug/l)	0,056
Endrin (ug/l)	0,004
Escherichia coli (UFC/100mL)	1000
Estireno (mg/l)	0,02
Etilbenzeno (ug/l)	90
Fenol (mg/l)	0,003
Ferro dissolvido (mg/l)	0,3
Ferro total (mg/l)	-
Fluoreto (mg/l)	1,4
Fosfato (como P) (mg/l)	-
Fósforo dissolvido (mg/l)	-
Fósforo total (mg/l)	0,1*
g-HCH (ug/l)	0,02



Parâmetro	Limite DN COPAM 01/08
Glifosato (ug/l)	65
Heptacloro e heptacloro epóxido (ug/l)	0,01
Hexaclorobenzeno (ug/l)	0,0065
Indeno(1,2,3-cd)pireno (ug/l)	0,05
Lítio total (mg/l)	2,5
Malationa (ug/l)	0,1
Manganês dissolvido (mg/l)	-
Manganês total (mg/l)	0,1
Mercúrio dissolvido (mg/l)	-
Mercúrio total (mg/l)	0,0002
Metolacloro (ug/l)	10
Metoxicloro (ug/l)	0,03
Níquel total (mg/l)	0,025
Nitrato (como N) (mg/l)	10
Nitrito (como N) (mg/l)	1
Nitrogênio amoniacal (mg/l)	**
Nitrogênio orgânico (mg/l)	-
Nitrogênio total Kjeldahl (mg/l)	-
Óleos e graxas totais (mg/l)	-
Óleos e graxas visíveis (-)	VA
Oxigênio dissolvido (mg/l)	5
Parationa (ug/l)	0,04
Pentaclorofenol (mg/l)	0,009
Pentaclorofenol (ug/l)	9
pH (-)	6 a 9
Potencial de óxido-redução (mV)	-
Prata dissolvido (mg/l)	-
Prata total (mg/l)	0,01
Radioatividade Alfa (Bq/L)	-
Radioatividade Beta (Bq/L)	-
Selênio dissolvido (mg/l)	-
Selênio total (mg/l)	0,01
Simazina (ug/l)	2
Sólidos dissolvidos totais (mg/l)	500
Sólidos sedimentáveis (mg/l)	-
Sólidos suspensos totais (mg/l)	100
Sólidos Totais (mg/l)	-
Substâncias Ativas ao Azul de Metileno (mg/l)	0,5
Sulfato (mg/l)	250
Sulfeto (mg/l)	-
Sulfeto de hidrogênio (mg/l)	0,002
Surfactantes (mg/l)	-
Temperatura (C)	-
Temperatura do Ar (C)	-
Tetracloroeto de carbono (mg/l)	0,002
Tetracloroeto de carbono (ug/l)	2



Parâmetro	Limite DN COPAM 01/08
Tetracloroetano (mg/l)	0,01
Tetracloroetano (ug/l)	10
Tolueno (ug/l)	2
Toxafeno (mg/l)	0,00001
Toxafeno (ug/l)	0,01
Tributilestanho (ug/l)	0,063
Triclorobenzenos totais (mg/l)	0,02
Triclorobenzenos totais (ug/l)	20
Tricloroetano (mg/l)	0,03
Tricloroetano (ug/l)	30
Trifluralina (ug/l)	0,2
Turbidez (NTU)	100
Turbidez in situ (NTU)	100
Urânio dissolvido (mg/l)	-
Urânio total (mg/l)	0,02
Vanádio dissolvido (mg/l)	-
Vanádio total (mg/l)	0,1
Xilenos (ug/l)	300
Zinco dissolvido (mg/l)	-
Zinco total (mg/l)	0,18

**Legenda:**

\* 0,1 ambiente em lótico e tributários de ambientes intermediários, até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos e até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.

\*\* Limite variável de acordo com pH: 3,7 mg/L N para  $\text{pH} \leq 7,5$ ; 2,0 mg/L N para  $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ ; 1,0 mg/L N para  $\text{pH} 8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ ; 0,5 mg/L N para  $\text{pH} > 8,5$ ;

(V.A) Virtualmente Ausentes.

### 2.5.1.6.3 PERIODICIDADE DO MONITORAMENTO

Durante a implantação das estruturas das Obras Emergenciais propõe-se uma frequência semanal e durante a operação mensal.

### 2.5.1.6.4 PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM, DE ANÁLISES IN LOCO E DE ANÁLISES LABORATORIAIS

A amostragem de água tem como objetivo coletar uma porção representativa para análise, cujo resultado deverá fornecer uma imagem mais próxima do universo estudado. Portanto, todos os aspectos de uma amostragem, tais como a preparação dos frascos, a preservação das amostras, o seu transporte, o emprego adequado de equipamentos de campo apropriados, o preenchimento da ficha de coleta, a adoção de medidas de segurança, o conhecimento da localização exata dos pontos de amostragem, devem seguir a metodologia específica, de modo rigoroso.

Os procedimentos de amostragens e preservação das amostras adotados seguirão os critérios estabelecidos no “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*” (23ª Edição) e as diretrizes exigíveis pela ABNT previstas na norma NBR 9898 –



Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores e NBR 9897 - Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1987).

Os parâmetros microbiológicos serão coletados diretamente do corpo de água. No final de cada amostragem, os frascos serão acondicionados em gelo conforme procedimento normativo. As análises de temperatura do ar e da água, potencial hidrogênio iônico (pH), oxigênio dissolvido (OD) e condutividade elétrica serão executadas *in loco* com o auxílio de aparelhos portáteis.

Imediatamente após a coleta, as amostras utilizadas para realização das análises de metais solúveis serão filtradas em membrana 0,45 µm, diretamente no frasco contendo a quantidade adequada de ácido nítrico.

Com relação à confiabilidade metrológica, o laboratório responsável pela realização dos procedimentos de coleta e análise deverá ser credenciado junto ao INMETRO e certificado pela Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005.

Para cada ponto amostrado será apresentado um laudo analítico com os resultados obtidos nas análises, o código do ponto, a data da coleta, a data de entrada no laboratório, os resultados referentes aos controles de qualidade e a assinatura do responsável técnico do laboratório.

### 2.5.1.7 METAS E INDICADORES

#### METAS

- Garantir o monitoramento da qualidade dos corpos de água superficiais selecionados de acordo com a metodologia e o cronograma definidos neste documento;
- Acompanhar a eficácia da implantação dos dispositivos de controle de sedimentos, propiciando ações corretivas frente à verificação da não melhoria da qualidade das águas;
- Garantir a eficácia dos dispositivos das estruturas de contenção de sedimentos implantados.

#### INDICADORES

- Percentual de execução da campanha de monitoramento em relação à planejada;
- Percentual de não conformidades a jusante do empreendimento em relação às registradas a montante;
- Percentual de melhoria dos padrões estabelecidos na legislação pertinente, comprovado através do monitoramento periódico da qualidade das águas dos corpos receptores.



### 2.5.1.8 EQUIPE TÉCNICA

As atividades a serem executadas no âmbito do Subprograma de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais serão desenvolvidas por equipe técnica especializada, composta por um coordenador para revisão e consolidação dos dados obtidos e técnicos especializados responsáveis pelas atividades de coleta e análise dos resultados.

### 2.5.1.9 AVALIAÇÃO E ACOMPANHAMENTO

A cada campanha será gerado um conjunto de produtos, constando de planilhas de campo, laudos de ensaios, relatórios de ensaios e síntese de resultados do monitoramento.

Mensalmente será produzido um relatório contendo as análises e resultados das amostragens realizadas no mês.

Semestralmente será produzido um relatório de consolidação dos dados, contendo dados acumulativos de todas as campanhas realizadas, visando um acompanhamento temporal das concentrações dos elementos nos cursos d'água.

A avaliação para acompanhamento do Subprograma de Qualidade das Águas Superficiais será realizada a partir de registros fotográficos, fichas de campo, laudos analíticos e relatórios mensais e semestrais.

Os relatórios semestrais devem conter as seguintes informações:

- Listagem de parâmetros analisados;
- Rede de amostragem contendo tabela de pontos de monitoramento com as coordenadas geográficas e datas de amostragem em cada campanha, conforme modelo abaixo:

Bacia	Código Ponto	Localção	Coordenadas UTM		Descrição	Data de coleta 1° Campanha	Data de coleta 2° Campanha
			N	E			

- Descrição textual de cada ponto de amostragem e foto mostrando os aspectos visuais dos pontos em cada campanha de amostragem;
- Apresentação de tabela de resultados e elaboração de gráficos para os parâmetros que apresentarem não conformidade;
- Avaliação do cumprimento de metas e indicadores;
- Proposição de medidas mitigadoras sempre que necessário;
- Considerações finais e próximas atividades previstas.

Salienta-se que a rede de amostragem, deve, sob certa medida, ser dinâmica. Com a incorporação de novos sistemas de controle, que possam gerar melhorias na qualidade das águas, novos pontos de monitoramento de águas superficiais podem ser incluídos ou excluídos nesta listagem. Para o presente caso, sugere-se que seja feita uma reavaliação



anual do programa de monitoramento, considerando a inclusão ou exclusão de pontos. Quando necessário, a lista de parâmetros físico-químicos também deverá ser avaliada em relação à necessidade de inclusão ou exclusão. Tais revisões serão submetidas previamente às aprovações do órgão ambiental

### 2.5.1.10 RESPONSABILIDADE PELA EXECUÇÃO DO PROGRAMA

O empreendedor será o responsável pela execução deste programa, podendo contratar empresas especializadas para a execução do monitoramento.

### 2.5.1.11 CRONOGRAMA

Durante a implantação das estruturas o monitoramento deverá ter periodicidade semanal, após a conclusão das obras as campanhas devem ser realizadas mensalmente, conforme descritas no cronograma abaixo.

**Tabela 2-14: Cronograma Executivo Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais – Obras Emergenciais.**

Atividade	ANO 01											
	MÊS 01	MÊS 02	MÊS 03	MÊS 04	MÊS 05	MÊS 06	MÊS 07	MÊS 08	MÊS 09	MÊS 10	MÊS 11	MÊS 12
Realização de Amostragem												
Emissão de relatórios internos												
Emissão do relatório semestral												

## 2.5.2 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

### 2.5.2.1 INTRODUÇÃO

O Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas Subterrâneas visa promover qualitativamente a utilização racional dos recursos hídricos subterrâneos na área do projeto, tendo em vista a possível alteração da qualidade das águas subterrâneas.

A execução deste subprograma se justifica pela possibilidade de ocorrência de impactos reais e potenciais nos recursos hídricos subterrâneos, os quais podem se manifestar durante as etapas de implantação/operação e de desativação do empreendimento. Desta forma, os monitoramentos possibilitarão acompanhar as possíveis interferências na qualidade das águas subterrâneas.

### 2.5.2.2 JUSTIFICATIVA

As intervenções decorrentes do empreendimento nas etapas de implantação, operação e fechamento podem interferir na qualidade das águas subterrâneas. As alterações nos padrões de qualidade das águas subterrâneas podem ser desencadeadas, principalmente,



em função da disposição inadequada e ineficiente de resíduos sólidos e de rejeitos que serão remobilizados das áreas afetadas pelo rompimento.

### 2.5.2.3 OBJETIVOS

O programa tem como objetivo monitorar possíveis alterações, bem como acompanhar sistemática e periodicamente a qualidade das águas subterrâneas, observando eventuais variações nos parâmetros monitorados.

### 2.5.2.4 PÚBLICO ALVO E/OU ABRANGÊNCIA

O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas irá considerar poços existentes e a serem alocados no contexto das Obras Emergenciais.

### 2.5.2.5 REQUISITOS LEGAIS

- Resolução CONAMA nº 396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

### 2.5.2.6 METODOLOGIA

O monitoramento será realizado por meio da coleta da água de poços. A rede de monitoramento e parâmetros encontram-se indicados a seguir.

#### 2.5.2.6.1 REDE DE MONITORAMENTO

A rede de monitoramento e a justificativa encontra-se apresentada na Tabela 2-15.

**Tabela 2-15: Rede de monitoramento de Águas Subterrâneas.**

PONTO	ESTRUTURA	COORD. X	COORD Y	JUSTIFICATIVA
FEI-32	Poço III – leste da cava da Mina Córrego do Feijão	592.113	7.776.754	Disposição dos rejeitos na cava - Ponto já monitorado. Localização na Figura 2-13
FEI-33	Poço IX - Cava Mina Córrego do Feijão	591.346	7.776.671	
Asub-01	ETAF 1	Localização na Figura 2-14		Disposição dos rejeitos em <i>geobags</i> e tratamento das águas em condições de aquífero raso
Asub-02				
Asub-03				
Asub-04				
Asub-05				
Asub-06				
Asub-07				
Asub-08				
Asub-09				
Asub-10				
Asub-11				
Asub-12				
Asub-13	ETAF 2	Montante		Disposição dos rejeitos em <i>geobags</i>
Asub-14		Jusante		
Asub-15		Jusante		



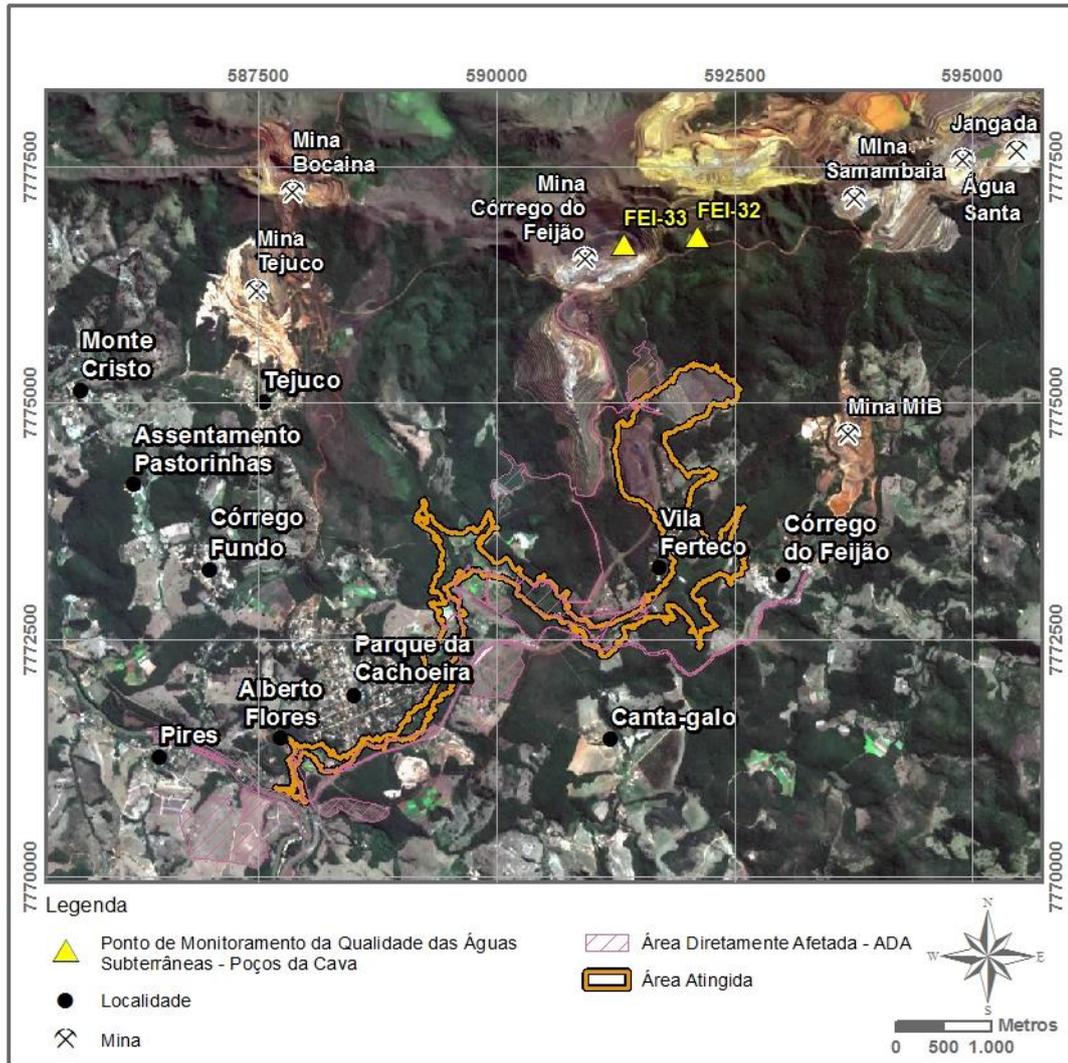


Figura 2-13: Rede de Monitoramento de Águas Subterrâneas – Poços.

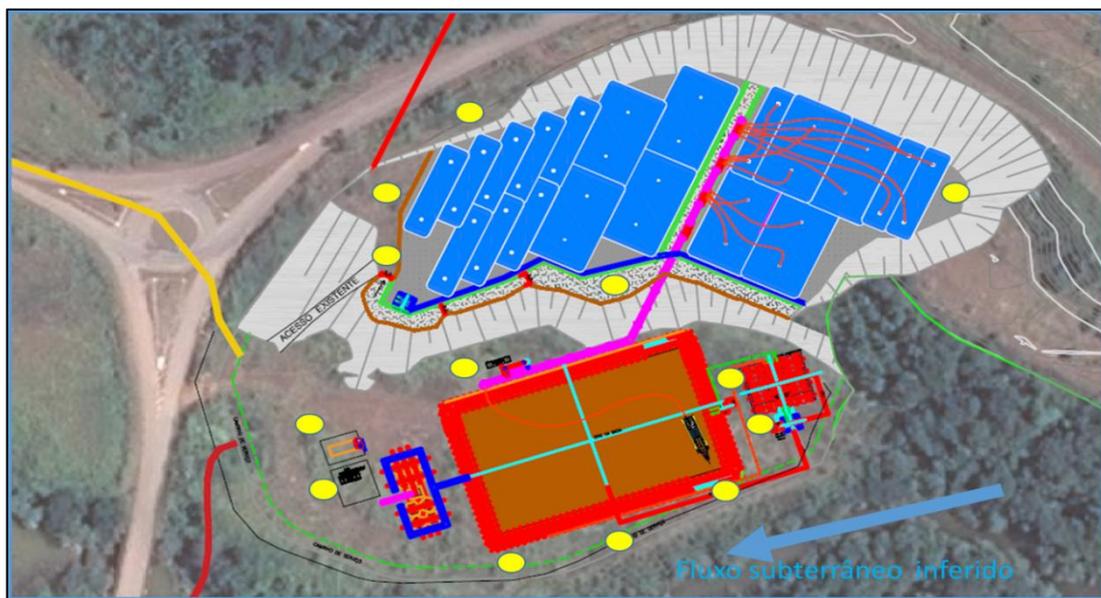


Figura 2-14: Rede de Monitoramento de Águas Subterrâneas – ETAf1.



### 2.5.2.6.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICO E BACTERIOLÓGICOS

A Tabela 2-16 apresenta os parâmetros para a rede de monitoramento e os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 396, de 3 de abril de 2008.

**Tabela 2-16: Parâmetros de monitoramento de água subterrânea.**

Parâmetros	Unidade	Limite Conama 396/08
Alumínio	µg/L	200
Amônia	mg/L	---
Arsênio*	µg/L	10
Bário	µg/L	700
Benzeno	µg/L	5
Cádmio	µg/L	5
Chumbo*	µg/L	10
Cianeto Total	µg/L	70
Cloreto	µg/L	250.000
Cobre	µg/L	2.000
Coliformes Totais*	Col/100mL	---
Condutividade*	µS/cm	---
Cor Aparente	uH	---
Cromo*	µg/L	50
Cromo Hexavalente*	mg/L	---
Cromo Trivalente*	mg/L	---
Dureza	mgCaCO3/L	---
<i>Escherichia coli</i> *	Col/100mL	Ausência
Ferro	µg/L	300
Fluoreto	µg/L	1.500
Manganês	µg/L	100
Merúrio*	µg/L	1
Nitrato	µg/L	10.000
Nitrito	µg/L	1.000
pH	---	---
Sólidos Totais Dissolvidos	µg/L	1.000.000
Sulfato	µg/L	250.000
Surfactantes	mg/L	---
Turbidez	NTU	---
Zinco	µg/L	5.000

### 2.5.2.7 METAS E INDICADORES

Os indicadores do monitoramento da qualidade das águas subterrâneas serão os resultados obtidos – serão utilizados os parâmetros de referência e respectivas concentrações admissíveis estabelecidos para as águas subterrâneas na Resolução CONAMA nº 396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências, e, a meta única é que os resultados se adequem as concentrações da legislação ou que haja justificativa para as mesmas.



### 2.5.2.8 EQUIPE TÉCNICA

Para atendimento de requisitos técnicos os trabalhos de amostragem e análises laboratoriais deverão ser executados por pessoal comprovadamente habilitado, além de um coordenador, especialista em qualidade de água, para revisão e consolidação dos dados apresentados pelo laboratório, com respectiva anotação de responsabilidade técnica.

### 2.5.2.9 AVALIAÇÃO E ACOMPANHAMENTO

A avaliação para acompanhamento do Programa de Qualidade das Águas Subterrâneas será realizada a partir de registros fotográficos, fichas de campo, laudos de análises e relatórios anuais que deverão ser reportados ao órgão ambiental.

### 2.5.2.10 RESPONSABILIDADE PELA EXECUÇÃO DO PROGRAMA

O empreendedor será o responsável pela execução deste programa, podendo contratar empresas especializadas para realizar as atividades propostas para o monitoramento de qualidade das águas subterrâneas, inclusive para consolidação de dados e análise de resultados.

### 2.5.2.11 CRONOGRAMA

O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas deverá ocorrer trimestralmente ao longo de toda a implantação/operação, também, na etapa de fechamento, mantendo-se as atividades de monitoramento ora em curso.

A rede, os parâmetros e a frequência deverão ser avaliados, com base nos resultados obtidos a cada campanha. O cronograma de atividades previstas é apresentado na sequência. Em termos de águas subterrâneas a rede de amostragem também pode passar por ajustes em função de problemas construtivos e operativos dos poços. Eventuais problemas e relocações serão previamente comunicadas ao órgão ambiental e relatadas nos relatórios semestrais.

**Tabela 2-17: Cronograma Executivo Programa de Monitoramento de Águas Subterrâneas – Obras Emergenciais.**

Atividade	ANO 01											
	MÊS 01	MÊS 02	MÊS 03	MÊS 04	MÊS 05	MÊS 06	MÊS 07	MÊS 08	MÊS 09	MÊS 10	MÊS 11	MÊS 12
Amostragem - Águas Subterrâneas (trimestral)												
Avaliação de resultados – Emissão de relatórios internos												
Elaboração de Relatório Semestral – Águas Subterrâneas												



## 2.5.3 PROGRAMA DE GESTÃO HIDROLÓGICA

### 2.5.3.1 INTRODUÇÃO

As estruturas e atividades previstas para o contexto das Obras Emergenciais irão interferir de forma distinta nos recursos hídricos das bacias do rio Paraopeba e de seus afluentes, principalmente no ribeirão Ferro-Carvão.

Apesar das interferências nos recursos hídricos dessas bacias terem sido projetadas para amenizar o ocorrido em função do rompimento da Barragem B I, é necessária a implementação de um Programa de Gestão Hidrológica para acompanhamento e registro das alterações que serão feitas no contexto dos cursos d'água, bem como registrar os fluxos d'água decorrentes.

O programa compreende o monitoramento das vazões com o objetivo de controlar o uso da água na área e atividades do projeto, o regime de bombeamento outorgado e a disponibilidade desses recursos para outros usuários.

O monitoramento também se mostra relevante no sentido da estabilidade das estruturas projetadas nas Obras Emergenciais, indicando se a passagem da água ao longo destas está se dando de forma eficiente e indicando volumes esperados em função da sazonalidade.

### 2.5.3.2 JUSTIFICATIVA

O programa é necessário para viabilizar a utilização de ferramentas de gestão e gerenciamento de recursos hídricos superficiais visando o uso racional da água e atendimento das legislações vigentes na área das Obras Emergenciais.

O monitoramento também se justifica frente à necessidade de acompanhar o funcionamento dos reservatórios dos diques, barragens, barreiras hidráulicas e da cortina estaca prancha, que subsidiará a verificação das hipóteses de projeto adotadas.

Além disso, os monitoramentos quantitativos dos cursos de água a jusante dos barramentos objetivam a manutenção das vazões residuais mínimas previstas na legislação (Portarias do IGAM nºs 010/98 e 007/99 e Resolução Conjunta SEMAD/IGAM nº 2.249/14).

### 2.5.3.3 OBJETIVOS

O programa visa o fornecimento das informações necessárias à gestão e gerenciamento dos recursos hídricos superficiais no contexto das Obras Emergenciais. Os objetivos específicos estão elencados a seguir:

- Coleta de dados hidrológicos necessários à caracterização do regime hídrico dos cursos de água que receberão interferência durante a implantação/operação e desativação das Obras Emergenciais;
- Controle do regime de bombeamento dos volumes d'água outorgados;



- Estabelecer uma rotina de sistematização de coleta, armazenamento e compilação dos dados de monitoramento hídrico implantado;
- Acompanhamento do funcionamento das estruturas hidráulicas possibilitando a verificação das premissas de projeto adotadas e falhas que porventura possam ocorrer.

#### **2.5.3.4 PÚBLICO ALVO E/OU ABRANGÊNCIA**

Recursos hídricos alvo das Obras Emergenciais, quais sejam, ribeirão Ferro-Carvão, Paraopeba, nos dois quilômetros onde está prevista a dragagem do rejeito depositado no leitor, e baixo ribeirão Casa Branca, em função do lançamento da ETAF1.

#### **2.5.3.5 REQUISITOS LEGAIS**

O arcabouço legal aplicável ao programa está elencado a seguir:

- Lei n.º 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
- Portaria CNRH n.º 29, de 11 de dezembro de 2002, que estabelece os usos de recursos hídricos relacionados à atividade minerária e sujeitos à outorga, dentre eles a captação de água superficial para consumo final ou insumo do processo produtivo, a disposição de rejeitos em barramentos e a captação de água subterrânea para rebaixamento do nível d'água.
- Portaria CNRH n.º 55, de 11 de dezembro de 2005, que estabelece diretrizes para elaboração do Plano de Utilização da Água na Mineração- PUA, conforme previsto na Resolução CNRH n.º 29, de 11 de dezembro de 2002.
- Lei Estadual n.º 13.199, de janeiro de 1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais.
- Plano Nacional de Recursos Hídricos (2006), estabelecido pelo Ministério do Meio Ambiente – Secretaria de Recursos Hídricos.
- Resolução SEMAD / IGAM n.º 1548, de abril de 2012, que dispõe sobre a vazão de referência para o cálculo da disponibilidade hídrica superficial nas bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais.

#### **2.5.3.6 METODOLOGIA**

As atividades envolvidas no Programa de Monitoramento Hidrológico serão destacadas a seguir.



### 2.5.3.6.1 GESTÃO DOS USOS E OUTORGAS

Deverá ser elaborado e constantemente atualizado o fluxograma de circulação e distribuição de água no contexto das Obras Emergenciais decorrentes do rompimento. Com o primeiro relatório de reporte ao órgão ambiental este fluxograma deverá ser apresentado pela primeira vez.

O fluxograma deverá incluir os usos para implantação/operação as atividades de reposição da Mina Córrego do Feijão e o direcionamento e quantitativo das águas que estarão sendo destinadas para a Mina da Bocaina e para fornecer água para a localidade de córrego do Feijão, de maneira a abordar a utilização das águas do rebaixamento, demonstrando o balanço entre bombeamento e destinação. Adicionalmente, eventuais desvios de curso d'água também deverão ser previamente comunicados, regularizados e inseridos no fluxograma hídrico das Obras Emergenciais.

As medições de vazão residual deverão ser feitas a jusante das estruturas para as quais foram solicitadas outorgas emergenciais de uso da água, conforme apresentado na Tabela 2-18 e na Figura 2-15 apresentadas a seguir. A regularização destas outorgas, cujos prazos foram apresentados aqui até o momento do protocolo deste documento, deverá ser alvo de renovação e de regulamentação junto ao IGAM. O reporte deverá ser apresentado com o primeiro relatório de monitoramento semestral, bem como deverão ser adicionadas demais outorgas em função das necessidades das Obras Emergenciais e da compilação do fluxograma.



**Tabela 2-18: Outorgas – Autorização Emergencial.**

Obra	Coordenadas Geográficas	Finalidade	Autorização Prévia para Intervenção Emergencial (número)	Data de Emissão	FOB (número)	Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos (prazo 90 dias)
Dragagem, limpeza e desassoreamento de um trecho do rio Paraopeba (zona rural do município de Brumadinho)	Entre 20°09'41,24"S e 44°09'28,18"O (iniciais); e 20°09'06,34"S e 44°10'31,85"O (finais)	Retirada dos rejeitos acumulados na calha do rio Paraopeba	01/2019 SIAM: 0073458/2019	07/02/2019	SIAM: 0073122/2019	08/05/2019
Barramento sem captação no ribeirão Ferro-Carvão (zona rural do município de Brumadinho)	20°08'24,47"S e 44°07'28,39"O	Contenção dos sedimentos – BH0	04/2019 SIAM: 0083104/2019	13/02/2019	SIAM: 0082437/2019	14/05/2019
Captação em barramento no ribeirão Ferro-Carvão (zona rural do município de Brumadinho)	20°09'14,7"S e 44°09'31,9"O	Tratamento da água da bacia e posterior lançamento no ribeirão Casa Branco, próximo a confluência com o rio Paraopeba	08/2019 SIAM: 0176192/2019	28/03/2019	SIAM: 0174630/2019	26/06/2019
Barramento sem captação no ribeirão Ferro-Carvão (zona rural do município de Brumadinho)	20°08'12"S e 44°08'12"O	Contenção dos sedimentos Dique 2	-	-	-	-
Barramento sem captação no ribeirão Ferro-Carvão (zona rural do município de Brumadinho)	20°08'37"S e 44°08'39"O	Contenção dos sedimentos BH1	-	-	-	-



584000

588000

592000

7776000

7776000

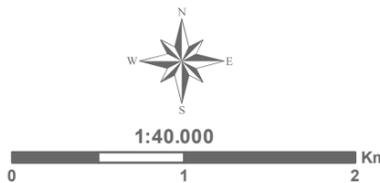
7772000

7772000

584000

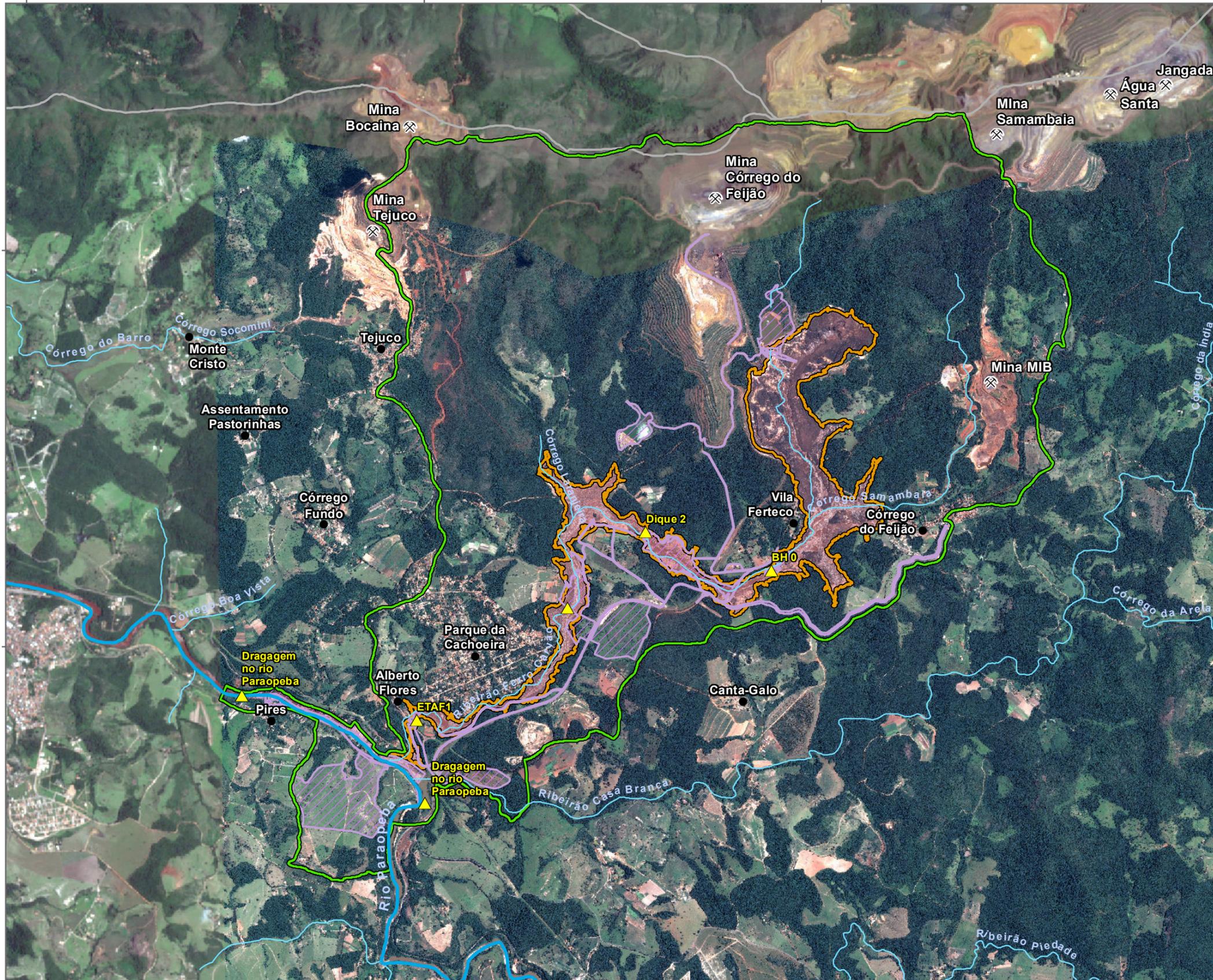
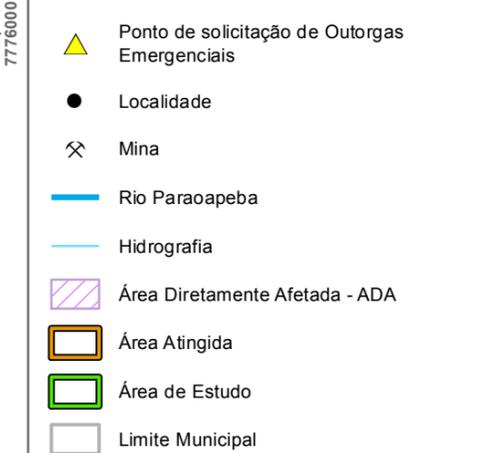
588000

592000



Base Cartográfica (Fonte): limites políticos (IBGE, 2015); hidrografia (IGAM, 2002); ada (Vale, 2019); área de estudo (Amplio, 2019); imagens de satélite Sentinel (15/08/2018) e Pleiades (29/01/2019).

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 23S  
Projeção: Transverse Mercator  
Datum: SIRGAS 2000



Amplio Projeto: **PCA Obras Emergenciais - Mina Córrego do Feijão** VALE

Título: **Localização das solicitações de Outorgas Emergenciais**

Elaboração: **Geoprocessamento Amplio** | Data: **07/05/2019** | Formato: **A3** | Arquivo: **PCA\_Outorgas\_v00**



### 2.5.3.6.2 CONTROLE DE VAZÃO

A rede proposta prevê a implantação de pontos de medição de vazão nos principais cursos d'água, priorizando medições que situem a jusante das estruturas hidráulicas. As medições serão realizadas com uso de vertedouros, estações fluviométricas e em pontos sem estruturas instaladas serão utilizados instrumentos móveis (método de vazão volumétrica e/ou velocimétrica com utilização de micromolinete e/ou molinete). Estes métodos serão definidos pela equipe técnica e relatados no primeiro relatório de monitoramento semestral.

Caso seja necessário, a localização dos pontos de medição deverá ser ajustada em campo, quando de sua implantação, em função da definição de seções fluviais adequadas, e da mesma forma, o ajuste deverá ser apresentado no primeiro relatório de reporte ao órgão ambiental e mantido ao longo dos demais monitoramentos durante as etapas de implantação/operação e desativação das Obras Emergenciais.

Como procedimento de medição e armazenamento, os dados registrados deverão ter uma sequência temporal contínua, de tal forma a permitir a integralização e cálculo de valores médios mensais e anuais.

Para avaliação da vazão deverá ser considerada a seguinte rede (Tabela 2-19), a qual abrange vertedouros de estruturas onde as medições de vazão já vêm sendo realizadas no contexto dos monitoramentos da Vale na estrutura já licenciada no contexto de outros projetos (Barragem Menezes II), e pontos em cursos d'água nos quais serão instaladas estruturas hidráulicas ou de tratamento. Mesmo os pontos com coordenadas definidas poderão ser relocados no primeiro trabalho de monitoramento em função da escolha da seção fluvial mais adequada.

**Tabela 2-19: Rede prevista para o Programa de Monitoramento Hidrológico.**

Ponto	Coord. X	Coord. Y	Local	Justificativa	Status
HIDRO1	Coordenada a definir no primeiro monitoramento		Ribeirão Ferro-Carvão	Ponto de controle inicial, a montante do córrego Samambaia	Novo
HIDRO2	578871	7771241	Ribeirão Ferro-Carvão	Baixo ribeirão Ferro-Carvão, (vertedouro da estaca-prancha)	Novo
HIDRO3	Coordenada a definir no primeiro monitoramento		Ribeirão Casa-Branca	Próximo a Córrego do Feijão, onde está em averiguação o desvio do córrego Samambaia	Novo
HIDRO4	Coordenada a definir no primeiro monitoramento		Córrego Olaria	Jusante da Barragem Menezes II – entender vazão afluente ao Ferro-Carvão	Existente
HIDRO5	Coordenada a definir no primeiro monitoramento		Córrego Samambaia	Afluente de montante da área afetada no ribeirão Ferro-Carvão, com baixo curso entulhado	Novo
HIDRO6	588428	7770591	Ribeirão Casa-Branca	Montante do lançamento da ETAF1	Novo
HIDRO7	Coordenada a definir no primeiro monitoramento		ETAF1	Saída da ETAF1 – controle de volume tratado restituído (calha <i>parshall</i> da estação)	Novo



### 2.5.3.7 METAS E INDICADORES

#### METAS

- Desenvolvimento, implantação e operacionalização de um sistema de gerenciamento integrado das águas do contexto das Obras Emergenciais, no qual deverá estar incluído o monitoramento quali-quantitativo georreferenciado das águas superficiais;
- Controle de assoreamento dos cursos d'água (drenagem, sumps, diques e bacias de contenção de sedimentos) a jusante das estruturas hidráulicas por meio dos volumes residuais;
- Gerar estudos que forneçam subsídios à avaliação técnica da eficiência das estruturas de controle ambiental do escoamento superficial e contenção de sedimentos;
- Manutenção total das vazões residuais.

#### INDICADORES

- Média anual das medições de vazão;
- Balanço hídrico da bacia hidrográfica a montante da medição da vazão, indicando valor excedente ou o déficit hídrico do sistema;
- Número de desvios na manutenção das vazões residuais na captação do rio Paraopeba e a jusante das barragens e do Dique 2.

### 2.5.3.8 EQUIPE TÉCNICA

Serão necessários um técnico de nível médio com capacitação na área de Hidrometria para a realização das medições de descarga líquida e/ou manutenção das estações fluviométricas. A análise dos resultados obtidos deverá ser realizada por um profissional de nível superior com qualificação pertinente, por exemplo: engenheiro civil, geólogo, etc.

### 2.5.3.9 AVALIAÇÃO E ACOMPANHAMENTO

A avaliação dos resultados deverá conter uma análise da consistência dos dados com a utilização de gráficos: cotagramas, cota versus vazão e comparação de perfil transversal; uma comparação das vazões residuais mínimas com as praticadas a jusante da captação e das estruturas hidráulicas de contenção; verificação das vazões quanto ao limite outorgado; análise do fluxograma hídrico das Obras Emergenciais identificando as variações nas demandas/destinações de água.

Deverão ser encaminhados ao órgão ambiental relatórios de monitoramento quantitativo dos recursos hídricos superficiais semestralmente. Tais relatórios deverão conter os resultados do monitoramento, a interpretação dos mesmos e as conclusões obtidas.



Quanto às atualizações do balanço hídrico, caso seja identificada alteração nas demandas e necessidades das Obras Emergenciais, deverão ser realizadas as devidas alterações nas outorgas das captações, e estas deverão ser reportadas junto ao próximo relatório de monitoramento semestral.

### 2.5.3.10 RESPONSABILIDADE PELA EXECUÇÃO DO PROGRAMA

A responsabilidade de execução deste programa é da Vale, podendo ser subcontratadas empresas para execução da metodologia proposta e compilação dos relatórios semestrais.

### 2.5.3.11 CRONOGRAMA

O programa está associado as duas etapas das Obras Emergenciais, abrangendo atividades continuadas, as quais devem ser mantidas permanentemente para permitir o alcance de manejo integrado do uso da água.

Como procedimento de medição e armazenamento, os dados registrados deverão ter uma sequência temporal contínua, de tal forma a permitir a integralização e cálculo de valores médios mensais e anuais.

**Tabela 2-20: Cronograma Executivo Programa de Monitoramento de Vazões – Obras Emergenciais.**

Atividade	ANO 01											
	MÊS 01	MÊS 02	MÊS 03	MÊS 04	MÊS 05	MÊS 06	MÊS 07	MÊS 08	MÊS 09	MÊS 10	MÊS 11	MÊS 12
Compilação do Fluxograma Hídrico												
Regularização de Outorgas												
Vazão ETAF - diária												
Vazão cursos d'água - mensal												
Relatório de acompanhamento interno - mensal												
Relatório semestral												



## 2.5.4 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE EFLUENTES

### 2.5.4.1 INTRODUÇÃO

Esse Subprograma visa garantir o atendimento da legislação ambiental no que diz respeito à eficiência das estações de tratamento de efluentes gerados durante a implantação e operação das estruturas das Obras Emergenciais.

As ações de controle e de monitoramento desenvolvidas pela Vale serão executadas de modo sistemático, envolvendo não somente as medições ambientais, mas também procedimentos específicos de verificação dos sistemas de controle ambiental, garantindo a eficiência de seu funcionamento.

### 2.5.4.2 JUSTIFICATIVA

O Programa de Monitoramento de Efluente busca garantir o correto manejo, tratamento e destinação final de efluentes líquidos a serem gerados nas etapas de implantação e operação das Obras Emergenciais, de forma a atender a legislação ambiental pertinente à manutenção dos padrões de qualidade dos corpos hídricos receptores das águas residuárias.

Os efluentes são originários de sistemas de controle são representados pela Estação de Tratamento de Esgoto – ETE, pela Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos Oleosos – ETEO, pelas Estações de Tratamento de Água Fluvial – ETAF e pelo dreno de fundo da Barragem Menezes II.

### 2.5.4.3 OBJETIVOS

O Programa de Monitoramento de Efluentes tem como objetivo acompanhar e indicar as possíveis alterações na qualidade dos efluentes lançados, assegurando a eficiência dos sistemas de tratamento dos efluentes líquidos gerados e garantindo a adequação da qualidade dos efluentes em relação aos padrões ambientais estabelecidos na legislação.

São objetivos específicos:

- Verificar a conformidade dos efluentes lançados de acordo com os padrões de qualidade estabelecidos na legislação;
- Verificar a concentração e a carga de poluentes no efluente;
- Verificar a eficiência de sistemas de tratamento;
- Avaliar tendências do efluente ao longo do tempo;
- Sustentar a eficiência dos sistemas de controle e tratamento, propondo melhorias quando necessário.



#### 2.5.4.4 PÚBLICO ALVO E/OU ABRANGÊNCIA

Este programa deverá ser adotado nas estações de tratamento de efluentes (ETE, ETEO e ETAF) e no dreno de fundo da Barragem Menezes II, presentes na área das Obras Emergenciais.

#### 2.5.4.5 REQUISITOS LEGAIS

Para fins de verificação ao atendimento do padrão legal deverão ser utilizados os valores orientadores da Deliberação COPAM/CERH-MG nº 01, de 5 de maio de 2008, por se tratar de uma deliberação estadual, portanto tão ou mais restritiva que a Resolução Federal, Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011.

#### 2.5.4.6 METODOLOGIA

As atividades de monitoramento devem seguir as seguintes normas e recomendações da Norma ABNT (1987) NBR 9897, que dispõe sobre o Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores; a ABNT (1987) NBR 9898, que fixa as condições exigíveis para a coleta e a preservação de amostras e de efluentes líquidos domésticos e industriais e de amostras de água, sedimentos e organismos aquáticos dos corpos receptores superficiais; a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG Nº 01/2008 que dispõe sobre a classificação de corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece padrões de lançamento de efluentes.

##### 2.5.4.6.1 REDE DE AMOSTRAGEM

Todos os efluentes que serão lançados em corpos hídricos após tratamento serão monitorados. A Tabela 2-12 apresenta os pontos do monitoramento de efluente das Obras Emergenciais. Caso haja quaisquer alterações no escopo de sistemas de tratamento de efluentes, estas serão incorporadas ao monitoramento.

**Tabela 2-21: Pontos de Monitoramento de Efluentes.**

Pontos	Local	Coordenadas UTM	
		X	Y
ETE	Canteiro de Apoio	588.272,02	7.770.720,22
ETEO	Canteiro de Apoio	587.456,04	7.770.769,97
ETAF 01	Fazenda Lajinha	589.789,72	7.772.119,14
ETAF 02	Fazenda Iracema	589.752,50	7.772.098,71
FEI-BAR-02-E	Barragem Menezes II	589.940,00	7.773.928,00



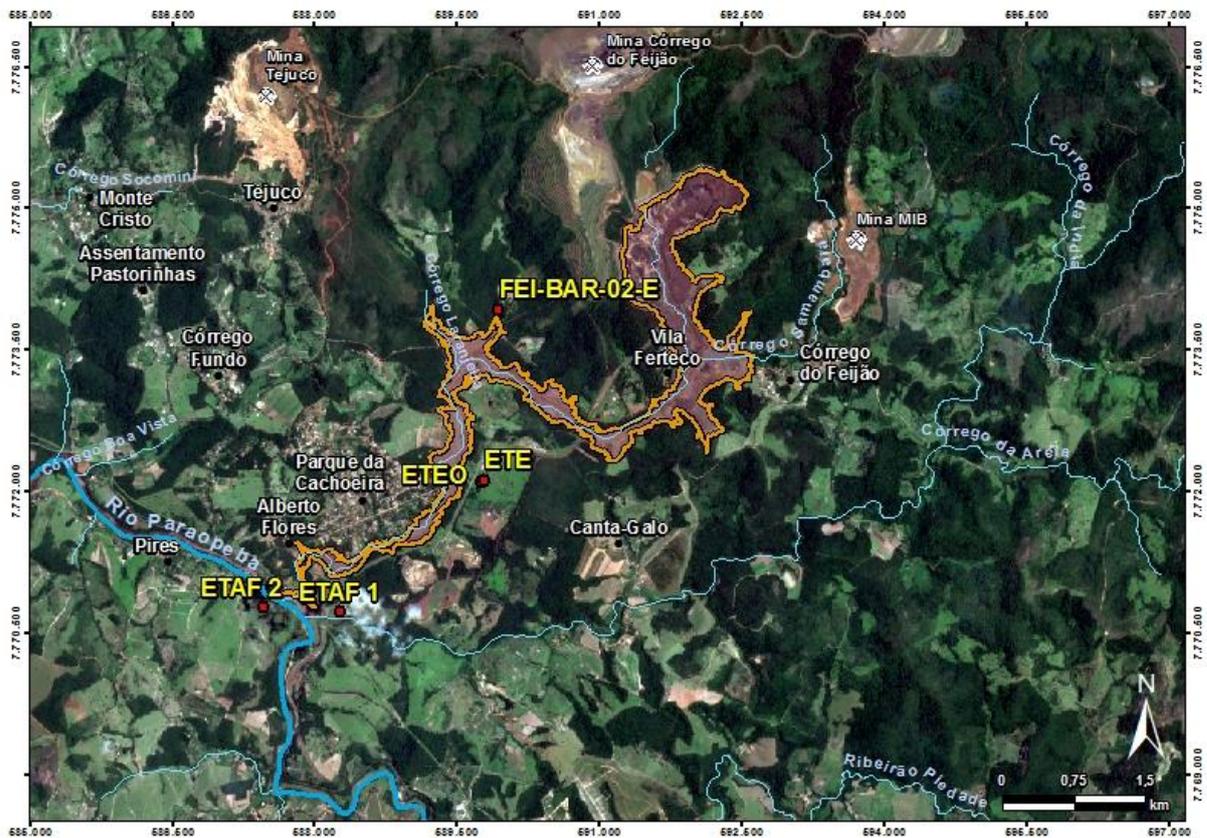


Figura 2-16: Pontos Monitoramento de Efluentes.

#### 2.5.4.6.1.1 Estação de Tratamento de Esgotos Domésticos – ETE

As obras emergências contarão com uma ETE a ser instalada no Canteiro de Apoio.

Para o tratamento dos efluentes sanitários gerados nas estruturas é proposto um sistema misto. Estações de tratamento mistas caracterizam-se pela existência de uma fase anaeróbia de tratamento, seguida por fase aeróbia, onde ocorre a oxigenação do efluente. O sistema é composto por reator UASB seguido de reator aerado ou filtros bio-aerados.

O objetivo do monitoramento é o de avaliar a qualidade do esgoto tratado resultante do processo de tratamento dos sistemas e gerar dados para a verificação da eficiência dos mencionados sistemas.



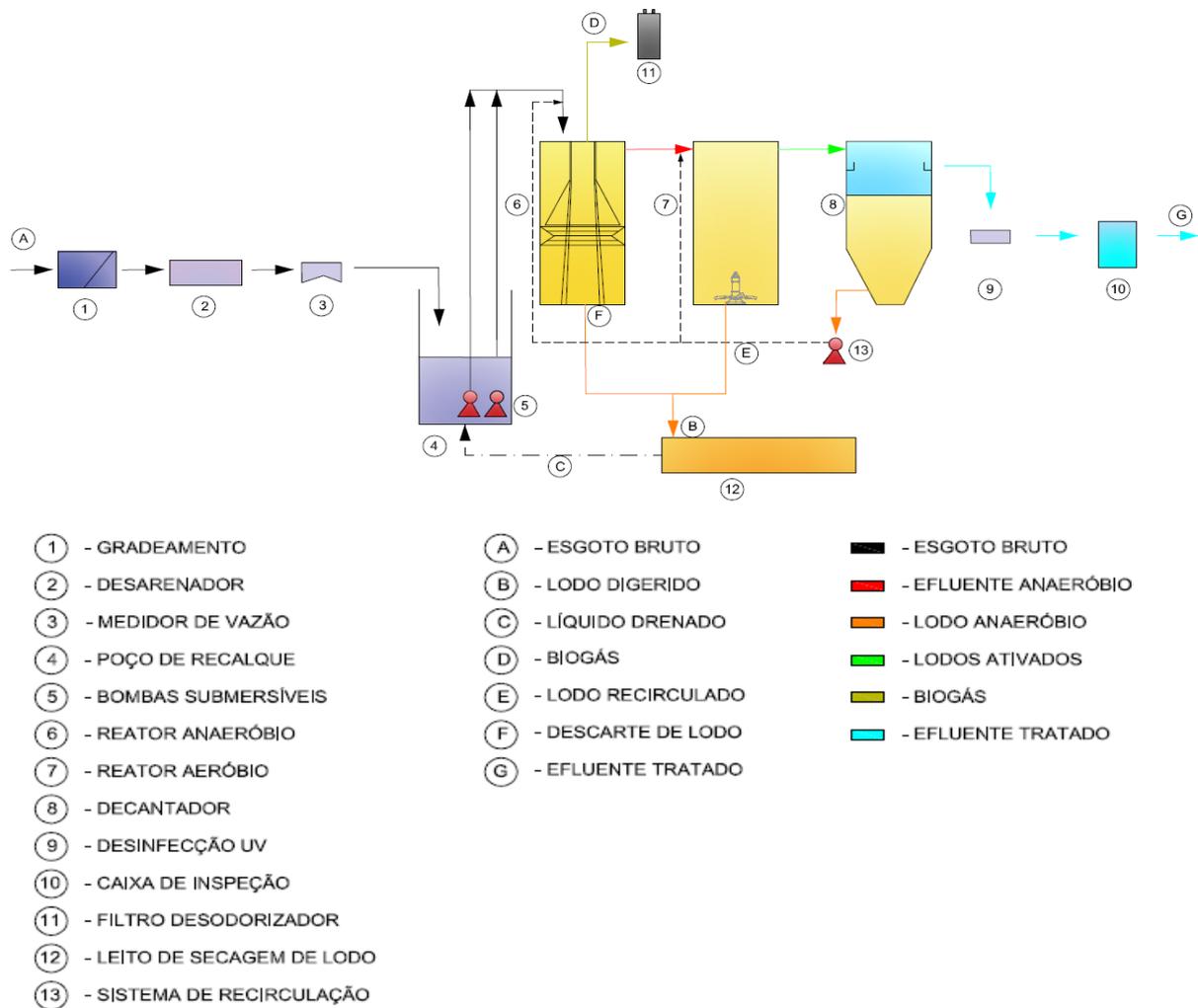


Figura 2-17: Fluxograma do Processo de Tratamento ETE.

### 2.5.4.6.1.2 Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos – ETEO

Os efluentes oleosos e industriais a serem gerados serão coletados por meio de rede independente e direcionado para tratamento na Estação de Tratamento de Efluentes Oleosos - ETEO a ser instalado próximo ao lavador de veículos no Canteiro de Apoio.

A proposta de tratamento consiste no sistema separador de água e óleo SECOIL, que é constituído por tratamento preliminar, estação elevatória e tratamento primário. A Figura 2-18 apresenta o fluxograma do processo de tratamento da ETEO.



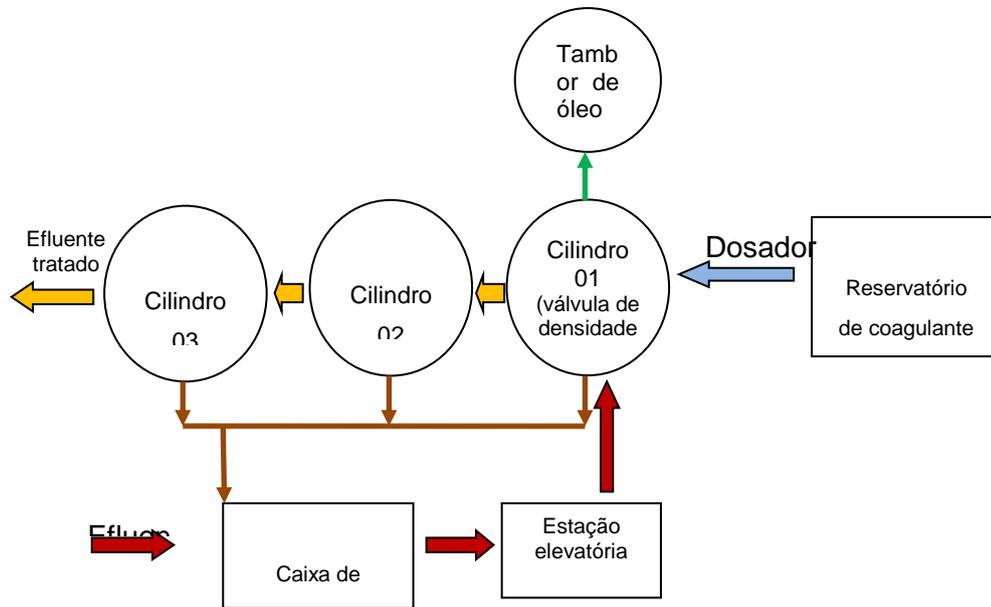


Figura 2-18: Fluxograma do Processo de Tratamento ETEO.

### 2.5.4.6.1.3 Estação de Tratamento de Água Fluvial - ETAF

A ETAF 1 será instalada na Fazenda Iracema (Figura 2-19) e possibilitará a remoção de turbidez (silte, argila e coloides, quando possível) e retorno da água tratada ao rio Paraopeba. Para isso, será instalado, lateralmente, a montante da cortina metálica em sua ombreira esquerda, um ponto de captação de água com sedimentos finos, por bombas sobre flutuadores, e recalque para a ETAF. Para esta obra foi considerado o monitoramento de água superficial no Córrego Casa Branca, que já vem sem alvo de monitoramentos para definição do *background* do córrego.



Figura 2-19: Fazenda Iracema e arranjo das estruturas da ETAF 1.



A ETAF 2 será instalada da Fazenda Laranjinha, nesta será realizado tratamento do percolato do material dragado no rio Paraopeba (Figura 2-20).

Os efluentes das duas estações de tratamento de águas fluviais e de rejeitos – ETAF 1 e ETAF 2 serão conduzidos à drenagem natural após atingidos os padrões de qualidade definidos pela DN COPAM 01/08. O efluente da ETAF 1 será conduzido ao ribeirão Casa Branca e o efluente da ETAF 2 será conduzido ao rio Paraopeba.

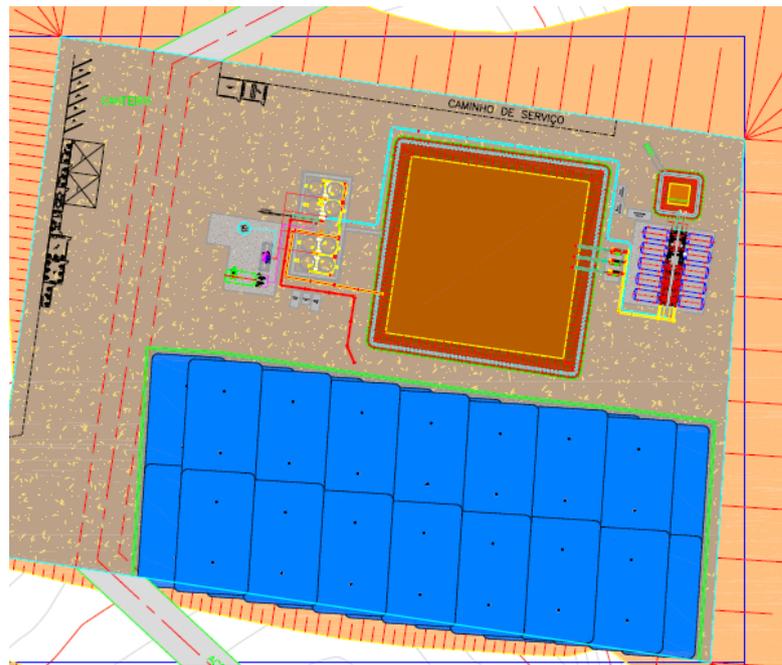


Figura 2-20: Layout geral da Estação de Tratamento ETAF 2.

#### 2.5.4.6.1.4 Dreno de Fundo da barragem Menezes II

A barragem Menezes II integra as Obras Emergenciais em função da utilização do seu reservatório para o manejo das águas na mina Córrego do Feijão e do rebaixamento do reservatório da B VI. A saída da drenagem interna se dá no córrego Olaria (Foto 2-10 e Foto 2-11).



Foto 2-10: Entrada do Vertedouro – Barragem Menezes II –

Foto Nicho

Foto 2-11: Entrada do Vertedouro – Barragem Menezes II –

Foto Nicho



## 2.5.4.6.2 PARÂMETROS E FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM

A seleção de parâmetros de análise dos efluentes líquidos considerou o monitoramento já as diretrizes propostas na Resolução Normativa Conjunta COPAM/CERH – MG nº 01/2008. A Tabela 2-22 apresenta os parâmetros que serão monitorados nas Estações de Tratamentos das Obras Emergenciais, assim como a frequência do monitoramento.

O monitoramento será realizado mensalmente na entrada e saída das ETE e semestralmente será realizada uma caracterização dos efluentes líquidos sanitários e oleosos nas saídas dos sistemas como acompanhamento das condições e padrões de lançamento de efluentes líquidos estabelecidos na Resolução Normativa Conjunta COPAM/CERH – MG nº 01/2008 (tabela IV).

Nas ETAFs e no dreno de fundo da Barragem Menezes II será realizado um monitoramento mensal na entrada e saída dos sistemas, segundo parâmetros descritos na resolução Normativa Conjunta COPAM/CERH – MG nº 01/2008 (tabela IV). Para estes, ressalta-se que a verificação da eficácia será avaliada, também, no âmbito do monitoramento das águas superficiais, visto que os pontos da rede de drenagem abrangem esses sistemas de controle e compara os resultados com os limites estabelecido para amostras de águas superficiais para cursos d'água classe 2.

A apresenta os parâmetros e frequência de amostragem dos efluentes líquidos.

Ressalta-se que a luz dos resultados a listagem de parâmetros analisados no âmbito do Programa de Monitoramento de Efluentes poderá ser revisada com a inclusão ou exclusão de parâmetros caso se faça necessários. Quaisquer alterações na listagem de parâmetros serão justificadas e informadas ao órgão ambiental.

**Tabela 2-22: Parâmetros monitorados e frequência do monitoramento – efluentes líquidos.**

Ponto	Local	Parâmetros	Frequência de Monitoramento
ETE	Efluente bruto e tratado	Temperatura do efluente, materiais sedimentáveis, óleos minerais, óleos vegetais, pH, DBO, DQO, materiais flutuantes, sólidos em suspensão, substâncias tensoativas	Mensal
	Efluente tratado	Parâmetros descritos na resolução Normativa Conjunta COPAM/CERH – MG nº 01/2008 (tabela IV).	Semestral
ETEO	Efluente bruto e tratado	pH, substâncias tensoativas, fenóis, óleos minerais, óleos vegetais, materiais flutuantes e sólidos em suspensão	Mensal
	Efluente tratado	Parâmetros descritos na resolução Normativa Conjunta COPAM/CERH – MG nº 01/2008 (tabela IV).	Semestral
ETAF	Efluente bruto e tratado	Parâmetros descritos na resolução Normativa Conjunta COPAM/CERH – MG nº 01/2008 (tabela IV).	Mensal
FEI-BAR-02-E Barragem Menezes II	Dreno de fundo	Parâmetros descritos na resolução Normativa Conjunta COPAM/CERH – MG nº 01/2008 (tabela IV).	Mensal



### 2.5.4.6.3 PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM

As amostras serão coletadas, preservadas e analisadas conforme descrito no documento *Collection and preservation of sample do Standard Methods for The Water and Wastewater* 22º Ed. 2012 e ABNT NBR 9898:1987 - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento. As análises serão realizadas em laboratório acreditado pelo INMETRO, conforme a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005.

Com relação à confiabilidade metrológica, o laboratório responsável pela realização dos procedimentos de coleta e análise deverá ser credenciado junto ao INMETRO e certificado pela Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005.

Para cada ponto amostrado será apresentado um laudo analítico com os resultados obtidos nas análises, o código do ponto, a data da coleta, a data de entrada no laboratório, os resultados referentes aos controles de qualidade e a assinatura do responsável técnico do laboratório.

Previamente à execução da amostragem deverão ser anotadas deverão ser anotados em cada ponto de coleta informações relevantes sobre os pontos monitorados:

- Identificação do ponto
- Localização Geográfica com receptor de GPS
- Data e hora da coleta
- Documentação fotográfica

### 2.5.4.7 METAS E INDICADORES

#### METAS

- Cumprir o cronograma de monitoramento dos efluentes durante a implantação e operação das Obras Emergenciais;
- Garantir a qualidade dos efluentes em relação aos padrões ambientais estabelecidos na legislação.

#### INDICADORES

- Percentual de execução da campanha de monitoramento em relação à planejada;
- Percentual de não conformidades na saída do sistema de tratamento.

### 2.5.4.8 EQUIPE TÉCNICA

Serão necessários os seguintes profissionais: um técnico especializado para o acompanhamento das campanhas de monitoramento e das análises laboratoriais e compilação dos resultados obtidos; um profissional de nível superior com qualificação pertinente à atividade de análise dos resultados obtidos, um funcionário para limpeza e

manutenção dos sistemas de controle; pessoal técnico de laboratório devidamente certificado para os procedimentos a serem realizados.

#### 2.5.4.9 AVALIAÇÃO E ACOMPANHAMENTO

A avaliação para acompanhamento do Programa de Monitoramento de Efluentes será realizada a partir da avaliação dos laudos analíticos, registros fotográficos, fichas de campo e relatórios semestrais. Os resultados obtidos serão verificados em relação aos limites estabelecidos pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Será realizada a análise técnica dos certificados de análise obtidos em cada campanha que irá gerar os relatórios com interpretação dos resultados.

Semestralmente deverá ser elaborado um relatório de consolidação dos dados de monitoramento, apresentando as seguintes informações:

- Listagem de parâmetros analisados;
- Rede de amostragem contendo tabela de pontos de monitoramento com as coordenadas geográficas e datas de amostragem em cada campanha, conforme modelo abaixo:

Cidade	Código Ponto	Locação	Coordenadas UTM		Descrição	Data de coleta 1º Campanha	Data de coleta 2º Campanha
			N	E			

- Apresentação de tabela de resultados e elaboração de gráficos para os parâmetros que apresentarem não conformidade;
- Apresentação de medidas corretivas adotadas para eventuais anomalias detectadas;
- Avaliação do cumprimento de metas e indicadores;
- Considerações finais e próximas atividades previstas.

Quando necessário a rede de amostragem deverá ser avaliada em relação à necessidade de inclusão ou exclusão de pontos, bem como de parâmetros físicos, químicos e biológicos. Tais revisões serão submetidas previamente às aprovações do órgão ambiental.

#### 2.5.4.10 RESPONSABILIDADE PELA EXECUÇÃO DO PROGRAMA

O empreendedor será o responsável pela execução deste programa, podendo contratar empresas especializadas para execução do monitoramento.



### 2.5.4.11 CRONOGRAMA

Este Programa será executado ininterruptamente durante toda a implantação e operação do das obras emergências, desde o início do funcionamento das estações de tratamentos de efluentes líquidos. O cronograma apresentado abaixo se refere ao período de um ano e se aplicará a todo o período de vigência da licença ambiental. Tabela 2-23: Cronograma Executivo Programa de Monitoramento de Efluentes – Obras Emergenciais.

Atividade	ANO 01											
	MÊS 1	MÊS 2	MÊS 3	MÊS 4	MÊS 5	MÊS 6	MÊS 7	MÊS 8	MÊS 9	MÊS 10	MÊS 11	MÊS 12
Amostragem entrada e saída ETE e ETEO												
Caracterização dos efluentes sanitários e oleosos - Saída												
Amostragem entrada e saída ETAF e dreno de fundo - FEI-BAR-02-E												
Relatório de consolidação dos dados												



## 2.6 PROGRAMA DE GESTÃO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS

### 2.6.1 INTRODUÇÃO

Este programa estabelece as diretrizes necessárias para a garantia da segurança geotécnica e ambiental do Dique 2, das Barreiras Hidráulicas 0 e 1, da Cortina de estacas – prancha, dos cortes e aterros em áreas operacionais, dos acessos de serviço e demais estruturas geotécnicas abrangidas pelo conjunto das ações emergenciais, as quais serão verificadas/validadas pelas auditorias internas e externas, e reportadas aos órgãos ambientais responsáveis pela fiscalização das estruturas citadas.

A Figura 2-21 ilustra a localização das estruturas que serão alvo das ações de monitoramento propostas neste programa. Estas ações se somam àquelas que já vinham sendo executadas em estruturas que faziam parte da operação das minas Córrego do Feijão e Jangada. No caso da mina de Jangada, apenas parte das estruturas da mesma foram incorporadas ao conjunto das ações emergenciais.

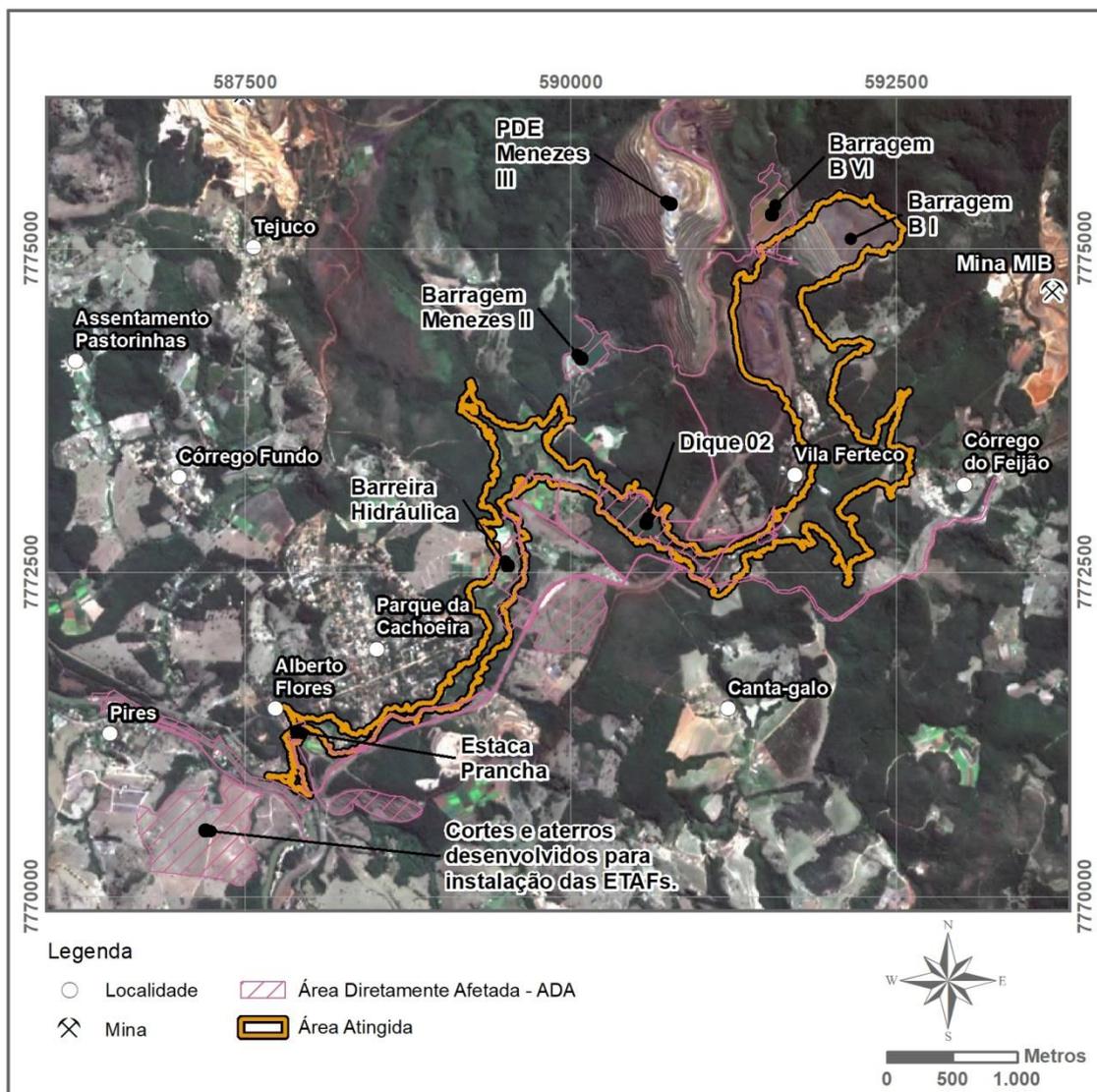


Figura 2-21: Estruturas alvo do Programa de Gestão de Estruturas Geotécnicas.



## 2.6.2 JUSTIFICATIVA

A implantação e operação do Dique 2, das Barreiras Hidráulicas, da Cortina de Estacas-Prancha, o empilhamento de rejeitos na PDE Menezes III, as ações de estabilização das Barragens B VI e Menezes II, acessos e terraplenos em áreas operacionais são Obras Emergenciais que em caso de falha, são estruturas com potencial de causar impactos ambientais importantes, ainda que elas sejam projetadas como medidas mitigadoras dos impactos causados pela ruptura da Barragem B I.

A gestão geotécnica dessas estruturas é necessária para garantir a sua estabilidade, para avaliar o seu bom desempenho e a eficiência das Obras Emergenciais cuja finalidade primeira é conter e mitigar os efeitos do evento.

Nesse contexto, o monitoramento de processos erosivos nos acessos de serviço abertos para as Obras Emergenciais, também é importante fator para o bom desempenho das Obras Emergenciais.

A verificação da estabilidade e do desempenho das estruturas com base em inspeções visuais, monitoramento por instrumentos e interpretação de resultados consolidados, bem como através de auditorias periódicas independentes, são providências necessárias à garantia da sustentabilidade das ações desenvolvidas pela Vale no âmbito das Obras Emergenciais.

## 2.6.3 OBJETIVOS

O objetivo deste programa é a avaliação sistemática do comportamento das estruturas geotécnicas que integram as Obras Emergenciais, propiciando uma oportuna avaliação de riscos em caso de anomalias e o acionamento de ações corretivas.

## 2.6.4 PÚBLICO ALVO E/OU ABRANGÊNCIA

Este programa deverá ser executado nas estruturas elencadas a seguir:

- Estruturas das Obras Emergenciais em construção:
  - ✓ Dique 2;
  - ✓ Barreiras Hidráulicas 0 e 1;
  - ✓ Cortina de Estacas-prancha;
  - ✓ Cortes e aterros desenvolvidos para instalação das ETAFs.
- Estruturas existentes em operação no âmbito das Obras Emergenciais:
  - ✓ Barragem B VI;
  - ✓ Barragem Menezes II;
  - ✓ Pilha de Disposição de Estéril Menezes III;
- Acessos.

## 2.6.5 REQUISITOS LEGAIS

No contexto da elaboração deste Programa foram consideradas as seguintes leis e normas principais:

- LEI Nº 23291/2019 do estado de MG - Institui a política estadual de segurança de barragens.
- Resolução Nº 4/2019 da ANM – Estabelece medidas regulatórias cautelares objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado "a montante" ou por método declarado como desconhecido.
- Portaria 70.389/2017 do DNPM – A portaria cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração. Inclui retificações publicadas no DOU em 05/06/2017 e em 10/11/2017.
- Portaria nº 14/ 2016 do DNPM – Estabelece prazo para apresentação de comprovante de entrega das cópias físicas do Plano de Ação de Emergência de Barragem de Mineração (PAEBM) para as Prefeituras e Defesas Cíveis municipais e estaduais, conforme exigido pelo art. 7º da Portaria nº 526, de 2013, e dá outras providências.
- Decreto Estadual nº 46.933/2016 – Institui a Auditoria Técnica Extraordinária de Segurança de Barragem e dá outras providências.
- Resolução Conjunta SEMAD/FEAM 2.372/2016 – Estabelece diretrizes para realização da Auditoria Técnica Extraordinária de Segurança de Barragens de rejeito com alteamento para montante e para a emissão da correspondente Declaração Extraordinária de Condição de Estabilidade de que trata o Decreto nº 46.993 de 02 de maio de 2016 e da outras providencias.
- Resolução nº 144/2012 – Estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, em atendimento ao art. 20 da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que alterou o art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.
- Resolução CNRH 143/2012 – Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo volume do reservatório, em atendimento ao art. 7º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.
- Portaria 416/2012 do DNPM – Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração e dispõe sobre o Plano de Segurança, Revisão Periódica de Segurança e Inspeções Regulares e Especiais de Segurança das Barragens de Mineração conforme a Lei nº



12.334, de 20 de setembro de 2010, que dispõe sobre a Política Nacional de Segurança de Barragens.

- Lei nº 12.334/2010 – Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens.
- DN COPAM 124/2008 – Complementa a Deliberação Normativa COPAM No 87, de 06/09/2005, que dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais.
- DN COPAM 87/2005 – Altera e complementa a Deliberação Normativa COPAM N.º 62, de 17/12/2002, que dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais.
- DN COPAM 62/2002 – Dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais.
- Res. CONAMA 313/2012 – Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais, tendo sido revogada a Resolução CONAMA 06/1988.
- ABNT NBR 11.682/1991 – Esta Norma fixa as condições exigíveis no estudo e controle da estabilidade de taludes em solo, rocha ou mistos, componentes de encostas naturais ou resultantes de cortes; abrange, também, as condições para projeto, execução, controle e conservação de obras de estabilização.
- ABNT NBR 13.028/2006 – Trata da elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água.
- ABNT NBR 13.029/2006 – Trata da elaboração e apresentação de projeto de disposição de estéril em pilha.

## 2.6.6 METODOLOGIA

A metodologia proposta para o acompanhamento geotécnico das estruturas relacionadas às Ações Emergenciais pode ser assim dividida:

- Recomendações Iniciais – define-se a abrangência do monitoramento geotécnico.
- Inspeções visuais – Devem ser realizadas semanalmente, podendo ocorrer inspeções especiais, quando necessárias.
- Monitoramento por instrumentos – A instrumentação contínua, a consolidação periódica de resultados e a interpretação dos mesmos, como rotinas da gestão geotécnica podem alertar para condições anômalas que mereçam a atenção da equipe de gestão para a correção de problemas ou para ações de prevenção de danos ambientais, patrimoniais ou de danos humanos.

- Consolidação, interpretação e divulgação de resultados – Trata-se da elaboração de relatórios contendo a consolidação, o tratamento e a interpretação dos dados do monitoramento, bem como o repasse de informações interna e externamente à Vale.

### 2.6.6.1 RECOMENDAÇÕES INICIAIS

Em função do caráter emergencial das atividades alvo deste licenciamento corretivo, o material parcialmente removido da área afetada pelo rompimento da barragem B I está sendo empilhado na PDE Menezes III que é uma estrutura licenciada na mina de Jangada para a disposição de estéril. A disposição de rejeitos no topo da pilha de estéril demandará uma nova avaliação de estabilidade geotécnica e uma revisão do plano de monitoramento que vinha sendo adotado pela equipe de gestão da mina de Jangada.

A condução das águas provenientes do rebaixamento da cava da Mina Córrego do Feijão para a barragem B VI e desta para a barragem Menezes II impuseram obras de estabilização e demandarão o acompanhamento geotécnico da estabilidade dessas estruturas.

A destinação das águas captadas na barragem Menezes II para a captação da mina de Bocaina não demandará cuidados especiais porque será utilizada parte das estruturas da antiga captação que foi preservada.

O acompanhamento geotécnico dos cortes e aterros construídos para a acomodação de Geobags nas fazendas Iracema e Lajinha também integram as estruturas a serem monitoradas. No caso da fazenda Lajinha, o próprio depósito de Geobags deverá passar por uma avaliação geotécnica de estabilidade considerando que haverá necessidade de seu empilhamento.

Portanto, este programa abrange o acompanhamento geotécnico das seguintes estruturas:

- PDE Menezes III;
- Cava da Mina do Feijão;
- Barragem B VI;
- Barragem Menezes II;
- Terraplenos das áreas operacionais;
- Barreiras Hidráulicas 0 e I;
- Dique 2;
- Cortina de Estacas-Prancha;
- Acessos de serviço.

### 2.6.6.2 INSPEÇÕES VISUAIS

As tarefas de inspeções visuais periódicas na superfície das estruturas (pilha de estéril, barreiras hidráulicas, terraplenos de áreas operacionais e acessos) e de suas estruturas de contenção de sedimentos correlatas merecem ser vistas como atividades essenciais para as



avaliações do estado de segurança destas estruturas, uma vez que, geralmente, os processos de instabilização de aterros deixam, inevitavelmente, sinais prévios, sendo possível sua identificação por meio de inspeções visuais.

Para o cumprimento deste objetivo, as atividades deverão ser necessariamente contínuas, de modo a possibilitar, através de um trabalho de interpretação e síntese, o delineamento de um histórico de evolução do comportamento das estruturas. As inspeções, por serem tarefas de rotina, exigem como ferramentas essenciais de apoio a aplicação das ações indicadas a seguir.

- Registro dos Fatos e Aspectos Observados com a finalidade de subsidiar o preenchimento de uma Planilha de Classificação de Risco

Para estabelecer um quadro da condição de comportamento das estruturas, indica-se a anotação sistemática de todas as situações observadas, as quais também servirão como base à consolidação da planilha com a classificação do risco associado (Monitoramento Geotécnico). A seguir são destacados itens que devem ser observados e registrados:

- ✓ Trincas indicadoras de movimento de massa;
- ✓ Movimento anormal de vegetação;
- ✓ Abatimentos localizados;
- ✓ Deformações ou subsidência do terreno;
- ✓ Surgências de água;
- ✓ Sumidouros;
- ✓ Áreas saturadas;
- ✓ Trincas e obstrução da drenagem superficial;
- ✓ Presença de sedimentos na saída de drenos internos;
- ✓ Vazões anormais provenientes de drenos internos;
- ✓ Processos erosivos superficiais, laminares ou por ravinamento;
- ✓ Danos nos sistemas de proteção/revestimento superficial;
- ✓ Crescimento não recomendável de vegetação em taludes;
- ✓ Alterações biogênicas, tais como buracos de animais.

- Inspeção Orientada ao Sistema de Drenagem Superficial e Periférico das Pilhas

Deverão ser inspecionados os sistemas de drenagem superficial e periférico das estruturas foco deste programa, verificando-se a integridade, as condições de assoreamento e de limpeza da vegetação. Adicionalmente deverão ser verificadas ocorrências de processos erosivos nos terrenos junto aos dispositivos de drenagem. A ocorrência de rachaduras nas canaletas e escadas de descidas deverão ser mapeadas, bem como a ocorrência de erosão devido ao escoamento lateral das águas nas canaletas e descidas d'água em cortes e aterros.



- Registro Georreferenciado da Inspeção

No caso de verificação de ocorrências passíveis de ações corretivas, onde forem detectadas situações indicadoras de possíveis anormalidades e que possam prejudicar a funcionalidade e segurança das estruturas, deverá ser feito o georreferenciamento com GPS e preenchida planilha para descrição do risco.

- Registros Fotográficos

A cada inspeção deverá ser realizado o registro fotográfico dos aspectos julgados de interesse para comunicação de fatos necessários às avaliações de comportamento da estrutura e ao acompanhamento da sua evolução ao longo do tempo.

- Compilação dos Resultados em Relatório de Inspeção Visual

Os resultados das inspeções deverão ser compilados em relatórios a cada inspeção, de maneira a se estabelecer, inclusive, as medidas corretivas e mitigadoras para eventuais ocorrências passíveis de comprometer a estabilidade das estruturas verificadas em campo.

O relatório deverá indicar, ainda, as prioridades de ação face às tipologias e extensão das ocorrências anômalas.

- Indicação de Anomalias e Sugestão de Ações de Mitigação/Controle

Caso identificado alguma anomalia na estrutura, deverá ser feito o registro e o repasse para o responsável pela execução das ações necessárias, seguindo as indicações de prioridade do especialista responsável.

### 2.6.6.3 MONITORAMENTOS POR INSTRUMENTAÇÃO

Deverão ser alocados instrumentos de monitoramento geotécnico. Essas ações subsidiarão a consolidação dos relatórios e a indicação de ações para solucionar anomalias e eventuais indícios de instabilidade geotécnica. São indicados os seguintes instrumentos e periodicidades para as estruturas, conforme relatado na Tabela 2-24. Para os demais locais que serão alvo do programa serão realizadas as inspeções visuais, como destacado acima.

Tabela 2-24: Instrumentação por Estrutura – Quantidade e Periodicidade.

Estruturas Geotécnicas	Inspeção Visual	Piezômetro Casagrande		INA		Marco Superficial		Radar		Inclinômetro		Medidas de Vazão		Pluviômetro		Régua no Reservatório	
	Período	Quant.	Per.	Quant.	Per.	Quant.	Per.	Quant.	Per.	Quant.	Per.	Quant.	Per.	Quant.	Per.	Quant.	Per.
Dique 2	S	3	M	2	M	3	M	-	-	-	-	-	-	-	-		
Barreira Hidraulica 0	S	-	-	-	-	2	M	-	-	-	-	-	-	-	-		
Barreira Hidraulica 1	S	-	-	-	-	2	M	-	-	-	-	-	-	-	-		
Cortina de Estacas-Prancha	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	D	-	-		
Barragem Menezes Ii	S	24	Q	9	Q	8	Q	-	-	2	Q	3	Q	-	-	1	Q
Pilha de Estéril Menezes Iii	S	-	-	5	M	5	M	-	-	-	-	-	-	-	-		
Barragem B Vi	S	14	Q	3	Q	15	Q	3	Q	-	-	1	Q	1	Q	1	Q

Legenda: D – Diária / M – mensal / S – Semanal / Q – Quinzenal / T – Trimestral.



#### 2.6.6.4 ACOMPANHAMENTO DO ASSOREAMENTO DOS RESERVATÓRIOS DAS ESTRUTURAS HIDRÁULICAS

O acompanhamento do assoreamento dos reservatórios das estruturas hidráulicas (dique 2, barreiras hidráulicas de cortina de estacas-prancha deve ser semanal em períodos chuvosos e mensal durante estiagem, de maneira a subsidiar o planejamento de operações de remoção. Esse acompanhamento auxiliará na avaliação da eficiência das estruturas hidráulicas. Pode acontecer de ser necessário recorrer à uma batimetria no reservatório do Dique 2 o qual terá 9 m de profundidade, mais difícil de acompanhamento visual.

#### 2.6.6.5 REGISTROS DE ANOMALIAS E INDICAÇÃO DE AÇÕES CORRETIVAS

Os resultados dos monitoramentos propostos deverão ser consolidados, analisados e reportados às equipes responsáveis pelas ações corretivas. Devem ser gerados relatórios apontando as razões das anomalias, os riscos envolvidos e a indicação de um plano de ação para eventuais correções.

Pode ser utilizado o procedimento já em uso na Vale, que consiste na utilização de *softwares* internos para consolidar os dados levantados nas inspeções e monitoramento e cobrar os planos de ação apresentados no Relatório de Anomalias.

Ressalta-se que toda a equipe de liderança deve ter acesso a estas informações e aos prazos estabelecidos de acordo com a priorização dos especialistas.

Esses *softwares* também devem auxiliar na consolidação das informações das estruturas que estão sendo implantadas, desde a sua documentação, projetos, licenciamento, como os dados verificados e medidos nas inspeções e nos monitoramentos, retratando o desempenho de cada estrutura ao longo de seu ciclo de vida.

Essas informações são disponibilizadas na rede interna da Vale de modo a possibilitar às áreas corporativas e operacionais, a gestão das estruturas de disposição de rejeitos, de estéreis, de captações de águas de suprimento e contenções de sedimentos. Esses dados também serão úteis para a consolidação de relatórios de reporte ao órgão ambiental.

#### 2.6.7 METAS E INDICADORES

Este Programa visa a garantia da segurança geotécnica e ambiental das estruturas envolvidas nas Obras Emergenciais por meio de avaliações qualitativas e quantitativas sistemáticas, bem como a identificação e controle de todos os possíveis focos de processos erosivos que venham a desencadear ou sinalizar processos instalados de instabilidade geotécnica.

As metas e indicadores de resultados utilizados no âmbito deste Programa encontram-se relacionadas na tabela a seguir, destacando-se que a apresentação dos resultados destes indicadores estará vinculada aos monitoramentos e inspeções efetuados em campo de acordo com o cronograma proposto, com a produção de relatórios e fichas adequadas à verificação destes resultados.



## METAS

- Garantir a segurança geotécnica e ambiental das estruturas por meio da averiguação da realização de 100% dos monitoramentos
- Identificar e controlar todos os focos de instabilidade

## INDICADORES

- Porcentagem de monitoramentos programados e monitoramentos realizados.
- Relação entre focos de instabilidade e ações de mitigação aplicadas.

### 2.6.8 EQUIPE TÉCNICA

Este programa pode ser orientado por engenheiros civis, geólogos com especialização em geotecnia e drenagem, além de profissionais com formação envolvendo dinâmica erosiva. Após orientações, outros profissionais podem ser responsáveis pelos monitoramentos visuais simples e reportados com maior frequência ao responsável pelo monitoramento.

### 2.6.9 AVALIAÇÃO E ACOMPANHAMENTO

Este Plano deve estabelecer cronogramas anuais de três auditorias, sendo realizadas em cada uma, reunião junto com os responsáveis pela manutenção dos diques e pilhas com a apresentação dos resultados observados, discussões e considerações para a gestão. Anualmente, um relatório deverá ser produzido e reportado ao órgão ambiental.

### 2.6.10 RESPONSABILIDADE PELA EXECUÇÃO DO PROGRAMA

A responsabilidade de execução deste programa é da Vale ou das empresas que esta venha a contratar para realização dos monitoramentos e de auditorias. Ao mesmo tempo, convém destacar que as empreiteiras contratadas deverão seguir as diretrizes do Plano durante a etapa de instalação.

### 2.6.11 CRONOGRAMA

Este programa deve ser implementado durante a implantação/operação das estruturas geotécnicas, sendo realizadas vistorias e avaliações da condução e dos impactos gerados pelo início das obras, se mantendo vigente durante toda a fase de operação até a de fechamento.

A rede, os parâmetros e a frequência deverão ser avaliados com base nos resultados obtidos a cada campanha e ajustes poderão ser propostos nos relatórios, caso necessário. A periodicidade de leitura foi indicada no item Metodologia.

Recomenda-se que as inspeções visuais sejam intensificadas no período de chuva, sendo realizadas, portanto, duas vezes por semana.



**Tabela 2-25: Cronograma Executivo Programa de Gestão Geotécnica – Obras Emergenciais.**

Atividade	ANO 01											
	MÊS 01	MÊS 02	MÊS 03	MÊS 04	MÊS 05	MÊS 06	MÊS 07	MÊS 08	MÊS 09	MÊS 10	MÊS 11	MÊS 12
Análises de Estabilidade												
Inspeção Visual												
Monitoramento por Instrumentos												
Compilação dos relatórios de monitoramento												
Adoção de ações corretivas												
Repasse ao órgão de fiscalização dos relatórios semestrais da operação e manutenção												



### **3 PROGRAMAS AMBIENTAIS DO MEIO BIÓTICO**

#### **3.1 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA BIODIVERSIDADE**

##### **3.1.1 INTRODUÇÃO**

As atividades para implantação das Obras Emergenciais irão suprimir cerca de 10,2 ha de Floresta Estacional Semidecídua, menos de 1% da Floresta presente na bacia do Ferro-Carvão, além de árvores isoladas em pastagens. Embora não tenha sido previsto um Programa de Monitoramento da Biodiversidade no âmbito destas Obras Emergenciais, vale ressaltar que está sendo estabelecido através do Ofício IEF /CGFAU 3/2019, um Programa de Monitoramento da Biodiversidade para entender como a biota desta região se relaciona com os impactos ambientais decorrentes do rompimento da Barragem B I, da Mina Córrego do Feijão.

O Programa completo será protocolado dia 15 de Maio, em acordo com o IEF, mas aqui são apresentadas as diretrizes básicas que o norteiam, bem como os grupos indicadores considerados no monitoramento. O Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática para toda a bacia do Paraopeba, já foi apresentado e revisado pelo IEF e não é apresentado no âmbito deste EIA. Mas provavelmente os dois Programas serão integrados em um só.

##### **3.1.2 JUSTIFICATIVA**

Este Programa se justifica para entender como a biota da região do Ferro-Carvão se relaciona com os impactos negativos decorrentes do rompimento da Barragem B I.

##### **3.1.3 OBJETIVOS**

Os objetivos do Programa de Monitoramento de Biodiversidade são responder a diversas perguntas que estão sendo elaborados por um grupo de especialistas das universidades, relacionadas aos impactos ambientais sobre grupos indicadores específicos, apresentados mais adiante.

##### **3.1.4 PÚBLICO ALVO E/OU ABRANGÊNCIA**

Este programa deverá ser executado na bacia do bacia do Ferro-Carvão, incluindo, se necessário, áreas controle, fora da bacia.

##### **3.1.5 REQUISITOS LEGAIS**

Este programa foi solicitado para atender ao Ofício IEF /CGFAU 3/2019 e foi incorporado ao Plano Básico Ambiental do EIA para concessão de licenciamento de operação corretivo - LOC para realização das Obras Emergenciais.



### 3.1.6 METODOLOGIA

A metodologia específica para cada grupo indicador será apresentada em 15 de Maio de 2019, atendendo ao Ofício IEF /CGFAU 3/2019. A Rede de Amostragem preliminarmente elaborada é citada na Tabela 3-1.

### 3.1.7 METAS E INDICADORES

As metas deste Programa são as respostas às perguntas elaboradas por especialistas, as quais preliminarmente são apresentadas na Tabela 3-1. Os indicadores de cada Meta são apresentados em conjunto, totalizando diversos indicadores distribuídos nas diferentes escalas biológicas: populações, comunidades, ecossistemas e processos ecológicos.



**Tabela 3-1: Metas e Indicadores preliminares do Programa de Monitoramento da Biodiversidade.**

Pergunta	Indicador	Nível	Contexto	Rede Amostragem
1- Avanço da pluma sobre vegetação natural afetou a diversidade de organismos terrestres?	1.1- Pequenos mamíferos	Comunidade	Ferro Carvão	20 pontos
	1.2- Anfíbios	Comunidade	Ferro Carvão	20 pontos
	1.3- Repteis squamata	Comunidade	Ferro Carvão	20 pontos
	1.4- Invertebrados terrestres	Comunidade	Ferro Carvão	20 pontos
	1.5- Plantas	Comunidade	Ferro Carvão	20 pontos
	1.6- Aves de interior de mata	Comunidade	Ferro Carvão	20 pontos
2- Avanço da pluma sobre vegetação natural afetou a diversidade de plantas aquáticas?	2.1- Plantas	Comunidade	Lagoas marginais	a definir
3- Efeito da perda de conectividade sobre a estrutura da comunidade	3.1- invertebrados aquáticos	Comunidade	Ferro Carvão	3 afluentes Ferro Carvão e 3 córregos adjacentes
4- Efeito da pluma no rio Paraopeba sobre a comunidade de invert. Aquáticos	4.1 – EPTO	Comunidade	Rio Paraopeba	13 pontos IGAM + pontos a montante
	4.2 - Macro invertebrados bentônicos	Comunidade	Rio Paraopeba	13 pontos IGAM + pontos a montante
	4.3 - insetos Aquáticos	Comunidade	Rio Paraopeba	13 pontos IGAM + pontos a montante
5- Efeito do rompimento sobre a funcionalidade do ecossistema (produtividade primária, ciclagem ..)	5.1- Invertebrados terrestres	Processos ecológicos	Ferro Carvão	20 pontos
	5.2- Plantas terrestres	Processos ecológicos	Ferro Carvão	20 pontos
6- O processo de recuperação pode ser favorecido pelos dispersores de sementes das áreas contiguas?	6.1- Vertebrados frugívoros	Processos ecológicos	Ferro Carvão	6 sítios na bacia
7- Qual a situação das populações de espécies ameaçadas na ADA?	7.1- Parides burchellanus	Espécie	Ferro Carvão	6 sítios na bacia
	7.2- Plantas (a definir)	Espécie	Ferro Carvão	6 sítios na bacia
	7.3- Pygochelidon melonoleuca	Espécie	Rio Paraopeba	a definir
8- A recuperação da área afetada vai levar a um "novo ecossistema"?	8.1- Invertebrados terrestres	Comunidade	Ferro Carvão	6 sítios na bacia
	8.2- Plantas terrestres	Comunidade	Ferro Carvão	6 sítios na bacia
9- Toxicidade e genotoxicidade	9.1- Aves aquáticas	Espécie	Rio Paraopeba	a definir
	9.2- Anfíbios	Espécie	Ferro Carvão	a definir
	9.3- Capivara	Espécie	Rio Paraopeba	a definir
	9.4- Lontra	Espécie	Rio Paraopeba	a definir
	9.5- Pequenos roedores	Espécie	Ferro Carvão	a definir
	9.6- invertebrados aquáticos	Espécie	Rio Paraopeba	a definir



### 3.1.8 EQUIPE TÉCNICA

A equipe técnica de execução deste programa deve ser formada primordialmente por profissionais da área de biologia, ecologia, taxonomia, com apoio de auxiliares de campo.

### 3.1.9 AVALIAÇÃO E ACOMPANHAMENTO

Para este programa, os instrumentos de avaliação são os relatórios periódicos consolidados, além dos indicadores ambientais citados anteriormente. Todas as informações coletadas em campo devem ser georreferenciadas e incorporadas a um banco de dados.

### 3.1.10 RESPONSABILIDADE PELA EXECUÇÃO DO PROGRAMA

A responsabilidade de execução deste programa é da Vale.

### 3.1.11 CRONOGRAMA

O Programa de Monitoramento da Biodiversidade ainda está em elaboração, mas com duração mínima de 5 anos para todos os grupos taxonômicos. Para a fauna a frequência deverá ser trimestral nos dois primeiros anos e semestral após este início. Para flora a frequência será anual para plantas lenhosas e trimestral para plantas herbáceas e epífitas nos dois primeiros anos e semestral após este início.



## 3.2 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA FAUNA ATROPELADA

### 3.2.1 INTRODUÇÃO

Este programa estabelece as diretrizes necessárias para monitoramento e mitigação de incidentes de atropelamento de fauna nas vias de acesso às Obras Emergenciais na região do ribeirão Ferro-Carvão.

De forma geral, os efeitos de estradas sobre a fauna incluem: alterações do comportamento animal e modificações nos padrões de movimentação (aumento da área de vida, alterações no sucesso reprodutivo, no ponto de fuga e nas estratégias de predação); alterações do estado fisiológico; introdução de espécies exóticas; disseminação de doenças; fragmentação do habitat e isolamento populacional; degradação da qualidade da água; problemas decorrentes do explosivo crescimento econômico das regiões e perda de indivíduos por colisão com veículos (Trombulak & Frissel, 2000).

A maioria das medidas mitigatórias para diminuir o efeito negativo das estradas para a biota consiste na construção de passagens (subterrâneas ou aéreas) para a travessia de animais, aumentando a permeabilidade da estrada e a conectividade do habitat (Clevenger & Nigel, 2000). Entretanto, a utilização destas passagens pelos animais pode ser afetada por diversos atributos, como largura, altura, abertura, comprimento, nível de ruído e distância de atividade humana (Clevenger & Nigel, 2000; Lesbarrères et al., 2004). Assim, não há uma única resposta para o problema e as passagens subterrâneas são apenas uma das possibilidades. Para a diminuição das perdas por colisão, que é um dos efeitos mais evidentes na fauna, podem ser indicadas ações como sinalização e controle de velocidade nos pontos e períodos críticos da estrada e a oferta de transporte coletivo e de qualidade, diminuindo o fluxo do tráfego na rodovia (Prada, 2004). A identificação das espécies mais afetadas e dos pontos críticos da estrada para atropelamentos é fundamental para que medidas adequadas possam ser indicadas.

Para execução das Obras Emergenciais que serão ou que estão sendo executadas nas áreas alvos de licenciamento, está previsto o aumento do fluxo de veículos em estradas pré-existentes na região, assim como a construção de novos acessos, que poderão impactar diretamente a fauna da região.

### 3.2.2 JUSTIFICATIVA

Será necessária a construção de acessos secundários ou caminhos de serviço para acessar pontos específicos, para locomoção segura de equipamentos, para transporte de pessoas e materiais, para execução de obras de engenharia, para mitigar os impactos, garantir a segurança operacional das atividades e para execução das atividades de salvamento pelo CBMMG.

Apenas para se ter uma dimensão do impacto, seriam necessários a manutenção de uma frota com cerca de caminhões de 200 caminhões de 35 t, rodando 8 horas por dia, todos os



dias, caso as obras tenham a duração de 2 anos, para conclusão das intervenções para remoção dos rejeitos e detritos depositados no Ferro-Carvão. A VALE priorizará o uso do acesso que substituirá o ramal ferroviário para as intervenções previstas, porém, alguns acessos auxiliares interligados implantados dentro das Obras Emergenciais estarão também sendo demandados. O acesso ao aterro sanitário do município de Brumadinho, caso venha a ser utilizado, pode ser demandado.

O aumento do fluxo de veículos e construção de novas vias de acesso poderá levar a alterações do comportamento de animais que costumam utilizar a área e dos padrões de movimentação, aumentando o número de indivíduos atropelados na região. Por isso, faz-se necessário o monitoramento das vias para identificação dos locais com maior potencial de incidência de atropelamentos, a fim de gerar as informações necessárias para diminuir a ocorrência deste tipo de incidente.

### 3.2.3 OBJETIVOS

Os objetivos do Programa de Monitoramento de Fauna Atropelada nas estradas usadas para execução das Obras Emergenciais são:

- Identificar quais as espécies de animais poderá ser mais afetada por atropelamentos;
- Diagnosticar trechos de maior potencial de incidência de atropelamentos;
- Propor medidas de mitigação, após o primeiro semestre de monitoramento.

### 3.2.4 PÚBLICO ALVO E/OU ABRANGÊNCIA

Este programa deverá ser executado nas vias de acesso às Obras Emergenciais, que totalizam 19,25 Km de extensão, localizadas no município de Brumadinho, MG, na região do ribeirão córrego Ferro-Carvão e adjacências do rio Paraopeba, local de execução das obras.

### 3.2.5 REQUISITOS LEGAIS

Não existe requisito legal aplicável, mas ressalta-se que este programa faz parte do Plano Básico Ambiental do EIA para concessão de licenciamento de operação corretivo - LOC para realização das Obras Emergenciais.

### 3.2.6 METODOLOGIA

#### 3.2.6.1 AÇÕES PREVENTIVAS MÍNIMAS

Assim que possível a área deverá ser percorrida por pelo menos 1 especialistas em atropelamento, para verificar previamente pontos críticos, devido a presença de fragmentos florestais adjacentes (ou outras áreas naturais). Nestes pontos críticos devem ser instaladas medidas preventivas, como redutores de velocidade e placas de sinalização. Além disso, deve ser realizado um treinamento, com a equipe de motoristas dos veículos das obras, para que sejam orientados quanto aos impactos sobre atropelamento de fauna. Estas



atividades já devem contribuir com a mitigação do impacto, antes mesmo de se iniciar o monitoramento.

### 3.2.6.2 COLETA DE DADOS

A extensão total de vias utilizadas para realização das Obras Emergenciais é de 19,25 Km, considerando os novos acessos abertos (7,75 Km) e as vias pré-existente modificadas para serem utilizadas durante a realização das obras (11,5 Km). Toda essa extensão deverá ser percorrida para monitoramento da fauna atropelada.

O monitoramento das vias para eventual recolhimento dos animais atropelados deverá ser feito em dias ininterruptos, incluindo fins de semana e feriados, durante os seis primeiros meses de desenvolvimento do Programa. As carcaças devem ser descartadas adequadamente em ambiente natural próximo ao local de atropelamento, a fim de servir como recurso trófico para o ecossistema local. As carcaças dos animais que porventura sejam de interesse científico devem ser recolhidas e encaminhadas para instituições de pesquisa, como coleções zoológicas de universidades e/ou museus. Os procedimentos de preservação, fixação e armazenamento de cada espécime deverão seguir as especificidades taxonômicas de cada grupo. Os animais atropelados encontrados vivos serão levados para o Hospital Veterinário de Campanha Vale, localizado na cidade de Brumadinho. O hospital foi construído pela Vale em fevereiro de 2019, após o rompimento da barragem, para receber animais atingidos. A equipe de campo deverá fazer um estudo de áreas possíveis de soltura, com cada animal marcado adequadamente, podendo ser acompanhados pelo Programa de Monitoramento da Biodiversidade. Animais domésticos ou exóticos deverão ser destinados, após tratamento a zoológicos ou criadouros que se disponibilizem a recebe-los.

Os animais serão identificados até o menor nível taxonômico possível. Para cada ocorrência deve ser registrado o local (km e coordenada), o horário e a data onde o animal foi recolhido e a condição biológica do mesmo (ferido ou em óbito). Cada quilômetro deve ser caracterizado através de parâmetros como: tipo de uso ou ocupação do solo, fisionomia vegetal (se existente), altura média das árvores (se existente), profundidade do folhiço na mata adjacente (se existente), distância de corpos d'água mais próximos e presença cipós, lianas e epífitas (se existente).

Após os seis primeiros meses de monitoramento e análise de dados, serão propostas medidas mitigadoras nos pontos de maior atropelamento. Para este período serão produzidos relatórios mensais sobre o atropelamento de fauna. A partir de então, deverá ser feita uma reavaliação da necessidade de se manter a mesma frequência de amostragem, quando deverão ser previstos relatórios semestrais sobre o atropelamento da fauna. O Programa será realizado durante todo o período de execução das Obras Emergenciais, com previsão de quatro anos, ou conforme indicadores dos relatórios semestrais progressivos. Todo o procedimento de captura e coleta devem ser precedidos de autorização de Licença pelo órgão ambiental.



### 3.2.6.3 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

A distribuição espacial dos atropelamentos nas estradas de acesso às Obras Emergenciais será avaliada através de análises estatísticas utilizando o software Siriema v1.1 (disponível em <http://www.ufrgs.br/biociencias/siriema/>). Para classes taxonômicas e espécies de interesse, serão realizadas análises bidimensional K de Ripley para determinar se existem locais com maior probabilidade de ocorrência de atropelamentos, buscando identificar a existência de agrupamentos significativos de mortalidade em diversas escalas espaciais. Para a interpretação das múltiplas escalas avaliadas e avaliação da significância de possíveis agrupamentos será aplicada a função:

$$L(r) = K(r) - Ks(r)$$

onde  $L(r)$  = a diferença entre o valor da estatística K observado para a escala r e um valor de K simulado para a escala r;  $K(r)$  = valor da estatística K para a escala r;  $Ks(r)$  = valores médios de K em 10000 simulações de distribuição aleatória dos registros. Os valores de  $L(r)$  acima dos limites de confiança (95%) obtidos pelas simulações indicam escalas com agrupamentos significativos, e valores abaixo desses limites representam escalas com dispersão significativa.

A localização dos principais trechos de mortalidade na estrada será definida através de análise HotSpot bi-dimensional. Nesta análise, a estrada será dividida em segmentos de 50 metros de tamanho. No centro de cada trecho, será colocado um círculo de raio r definido, sendo somados todos os eventos de atropelamento dentro de sua área. A esse número será multiplicado um fator de correção que leva em conta o comprimento da estrada dentro do círculo nesta posição. O círculo será colocado no próximo segmento e novamente será computada a soma dos eventos e multiplicação pelo fator de correção. O procedimento será repetido para todos os segmentos em que a estrada foi dividida, resultando em um valor de intensidade de agregação (H) de atropelamentos para cada local da estrada. Para a avaliação da significância das intensidades de agregação de cada trecho será utilizada a função:

$$IA(r) = H_i(r) - H_s(r)$$

onde:  $IA(r)$  = intensidade de atropelamentos;  $H_i(r)$  = valor de agregação para o ponto i considerando a escala r;  $H_s(r)$  = a média dos valores de H em 10.000 simulações de distribuição aleatória dos eventos. Os valores de intensidade de agregação acima do limite de confiança superior (95%) indicam os blackspots significativos de mortalidade.

### 3.2.7 METAS E INDICADORES

As metas e indicadores de resultados utilizados no âmbito deste Programa encontram-se relacionadas na Tabela 3-2, destacando-se que a apresentação dos resultados destes indicadores estará vinculada aos monitoramentos efetuados em campo, de acordo com o cronograma proposto, com a produção de relatórios adequados à verificação dos resultados.



**Tabela 3-2: Metas e Indicadores do Programa de Monitoramento da Fauna Atropelada.**

META	INDICADOR
Conhecer as espécies atingidas por atropelamentos nas vias de acesso às Obras Emergenciais.	Número de espécies registradas com plena identificação
Identificar os trechos de atropelamento, indicando os de maior incidência de atropelamentos.	Apresentar mapa com indicação dos trechos com maior incidência de atropelamento
Mitigar os riscos de atropelamento de fauna	Número de animais atropelados antes e após a execução de medidas de mitigação

### 3.2.8 EQUIPE TÉCNICA

A equipe técnica de execução deste programa deve ser formada primordialmente por biólogos especialistas em fauna, veterinários e auxiliares de campo.

### 3.2.9 AVALIAÇÃO E ACOMPANHAMENTO

Para este programa, os instrumentos de avaliação são os relatórios periódicos consolidados, além dos indicadores ambientais citados anteriormente. Todas as informações coletadas em campo devem ser georreferenciadas e incorporadas a um banco de dados.

### 3.2.10 RESPONSABILIDADE PELA EXECUÇÃO DO PROGRAMA

A responsabilidade de execução deste programa é da Vale.

### 3.2.11 CRONOGRAMA

O Programa de Monitoramento da Fauna Atropelada deve seguir o seguinte cronograma (Tabela 3-3).

**Tabela 3-3: Cronograma do primeiro ano do Programa de Monitoramento de Fauna Atropelada na área das Obras Emergenciais em Brumadinho (MG)**

Atividades	Ano 01											
	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9	Mês 10	Mês 11	Mês 12
Monitoramento diário dos acessos utilizados pelas Obras Emergenciais												
Identificação e quantificação das espécies atropeladas												
Análise dos dados												
Relatórios parciais												
Relatório semestral consolidado												



### 3.2.12 BIBLIOGRAFIA

CLEVENGER, A.P. & Nigel, W. 2000. Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. *Conservation Biology*, 14 (1): 47-56.

LESBARRÈRES D.; Lodé, T. & Merilä, J. 2004. What type of amphibian tunnel could reduce road kills? *Cambridge Journals*, 38: 220-223.

PRADA, C.S. 2004. Atropelamento de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do Estado de São Paulo: quantificação do impacto e análise de fatores envolvidos. 129 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP.

TROMBULAK, S.C. & Frissel, C.A. 2000. Review of ecological effects os roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*, 14 (1): 18-30.



### 3.3 PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

#### 3.3.1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a floresta Atlântica e o Cerrado são considerados dois dos biomas mais ricos em biodiversidade, correspondendo a *hotspots* para a conservação da biodiversidade, pois apresentam grande concentração de espécies endêmicas e acentuada perda de habitat (Lima et al., 2015; Ratter et al., 2003). No entanto, a perda de ecossistemas naturais tem causado preocupações não só pelo aumento do processo erosivo, consequente redução da fertilidade dos solos agrícolas e assoreamento do sistema hídrico superficial, mas também porque certamente representa a extinção de muitas espécies vegetais e animais, dentre as quais várias ainda são desconhecidas pela ciência, assim como suas potencialidades de uso em benefício do próprio homem (Rodrigues & Leitão Filho 2004).

Diante deste contexto a intervenção do homem faz-se necessária a fim de estabilizar e reverter os processos de degradação, direcionando e acelerando a sucessão natural por meio da restauração florestal. A restauração florestal tem como principal objetivo o estabelecimento de vegetações capazes de se autoperpetuar, biologicamente viáveis e que não dependam de intervenções humanas constantes (SER, 2004). No Brasil, as iniciativas de restauração florestal visam, principalmente, ao cumprimento da legislação ambiental, ao restabelecimento de serviços ecológicos e à proteção de espécies nativas locais, juntamente com a alta diversidade biológica (Rodrigues et al 2009).

Em 25 de janeiro de 2019, no município de Brumadinho, MG, ocorreu o rompimento da Barragem B I da Mina Córrego do Feijão, depositando grande quantidade de sedimentos ou rejeitos de mineração, na bacia do ribeirão Ferro-Carvão. O presente relatório apresenta o projeto de restauração florestal de Floresta Estacional Semidecidual (FES), que originalmente ocupava as áreas afetadas pelo rejeito. Além disso, esta proposta apresenta uma priorização de áreas de restauração para a bacia como um todo, com o objetivo de melhorar a conectividade de ambientes naturais na bacia, caso esta opção seja utilizada como medida de compensação pelos danos provocados pelo rompimento. Assim, resumidamente é objetivo deste plano:

- Propor a restauração da Floresta Estacional Semidecidual (FES) e faixas de transição com o Cerrado (ecótonos), nas áreas terrestres diretamente afetadas pela passagem ou deposição do rejeito, bem como nas áreas descomissionadas da ADA das obras emergenciais;

### 3.3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA A SER RECUPERADA

#### 3.3.2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Como este Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) está inserido num Estudo de Impacto Ambiental, a descrição da área de estudo pode ser encontrada nos capítulos de caracterização do empreendimento (das Obras Emergenciais), dos diagnósticos ambientais, para meio físico, flora, fauna, e aspectos socioeconômicos.

#### 3.3.2.2 CONCEITOS EM RECUPERAÇÃO

Vários objetivos podem existir quando se quer recuperar uma área de um estado degradado para um não degradado, sendo neste trabalho definida a recuperação como uma designação genérica, de sentido amplo, indicando qualquer ação que possibilite a reversão de uma área degradada para uma condição não degradada (Majer, 1989, citado por IBAMA, 1990). Este conceito está de acordo com o SNUC (Art. 2º - incisos XIII e XIV - da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação), que define a recuperação como: **técnica para devolver o ecossistema a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original**. Neste sentido pode-se considerar que a recuperação pode ser dividida em dois objetivos gerais: a restauração e a reabilitação.

**Restauração** pode ser definida, ainda de acordo com a Lei nº 9.985/2000, como: restituição de ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da condição original do ecossistema. Não existe uma obrigação para que seja atingida uma condição original, mas o objetivo é o de acelerar a recuperação de um ecossistema com respeito a sua saúde, integridade e sustentabilidade ([www.ser.org](http://www.ser.org)), estabelecendo um ecossistema funcional, composto por um conjunto de espécies de ocorrência regional (Pacto da Mata Atlântica, 2009, vários capítulos).

Já a **Reabilitação**, é um termo utilizado quando o objetivo principal da recuperação for o de restabelecer apenas algumas funções para a área degradada, sendo que duas principais são: proteção do solo contra erosão e a diminuição do impacto visual negativo. Neste caso geralmente não há preocupação com as espécies vegetais utilizadas ou com a obtenção de uma área com diversidade e interações biológicas que caracterizam o ecossistema natural regional e que são objetivos da restauração. Geralmente a reabilitação está associada a áreas extremamente degradadas como solos contaminados, solos sem os horizontes superficiais, as áreas de deposição de rejeito ou estéril de mineração, onde não existem camadas orgânicas (ABRAHÃO & MELLO, 1998; DIAS, 1998; TOY, 1998; BELL, 1998). Nestas áreas é importante o uso de espécies capazes de suportar tais extremos e que funcionem como catalisadoras da sucessão.

Neste PRAD, o objetivo é a Restauração Florestal da Floresta Estacional Semidecidual que originalmente ocupava as margens do ribeirão Ferro-Carvão. Resultados preliminares apresentados pela Geosol, da análise de quatro amostras do rejeito, indicam que o material é não perigoso e citam que análises de maior abrangência estão em andamento. Entretanto,



a revisão de literatura apresentada (no item a seguir) mostra que algumas espécies arbóreas nativas de ocorrência na região, independentemente de existir contaminação ou não dos rejeitos, cumprem com o papel de contribuir na restauração e ao mesmo tempo com o papel de **fitorremediação**. Não existem muitas pesquisas de fitorremediação para a grande diversidade de espécies arbóreas nativas brasileiras, entretanto o Plano de Monitoramento proposto poderá ajudar a entender melhor o papel destas espécies, frente às condições da bacia do ribeirão Ferro-Carvão. Esta alternativa, pela funcionalidade que traz ao ecossistema em restauração, é muito mais vantajosa do que plantar espécies exóticas, mesmo que estas possuam maior potencial de fitorremediação que as nativas.

### 3.3.2.3 FITORREMEDIAÇÃO

#### 3.3.2.3.1 CONCEITOS

Os metais pesados são componentes naturais dos solos que fazem parte da estrutura cristalina dos minerais que compõem as rochas, principal material de origem dos solos. A transferência de metais pesados no sistema solo-planta é um processo natural componente da ciclagem biogeoquímica de elementos químicos da natureza (Caires et al., 2011). Alguns metais pesados como o ferro, zinco, cobre, molibdênio e manganês são inclusive essenciais para o desenvolvimento das plantas. O que determina se haverá toxicidade ou deficiência de elementos em um determinado local é sua concentração disponível para a planta no sistema. A biodisponibilidade desses elementos está relacionada a seu conteúdo total no solo, à capacidade de adsorção do solo, além de fatores físicos e químicos como pH e potencial redox, que controlam o balanço entre a adsorção dos metais pesados pelo solo e sua concentração na solução do solo (Alloway, 1993).

A concentração total do elemento no solo em si, não é um dado que evidencia a toxicidade do sistema. Essa análise é importante para determinar se houve contaminação antropogênica ou se a acumulação de determinado elemento se deu no solo devido a composição de seu material de origem. Atualmente a intensificação das atividades industriais, agrícolas, de urbanização e mineração criou a necessidade de estabelecer critérios de avaliação para proteção do solo por meio de medidas preventivas e corretivas em casos de contaminação.

A Resolução CONAMA nº 420/2009, dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. No Estado de Minas Gerais, a Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011 estabelece os Valores de Referência de Qualidade do Solo (VRQ) que são utilizados para caracterizar a ocorrência natural de substâncias químicas, define os Valores de Prevenção (VP) que correspondem a concentração de valor limite de determinada substância no solo, tal que ele seja capaz de sustentar as suas funções principais e os Valores de Investigação (VI), que correspondem a concentração de determinada substância no solo acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana.



Uma vez detectada a contaminação do solo e a presença de elementos com concentração acima do VI, a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02, de 08 de setembro de 2010, prevê a elaboração e execução do Plano de Reabilitação de Áreas Contaminadas (PRAC), que exige apresentação das medidas de controle ou eliminação das fontes de contaminação, incluindo avaliação técnica e econômica das alternativas a serem utilizadas. As alternativas de intervenção devem contemplar entre outras ações, a aplicação de técnicas de remediação, que segundo o CETESB (1999) devem visar a remoção ou contenção dos contaminantes presentes, de modo a assegurar uma utilização para a área, com limites aceitáveis de riscos aos bens a proteger.

O processo de remediação de solos contaminados se refere à redução dos teores de contaminantes a valores seguros e compatíveis com a proteção à saúde humana, seja impedindo ou dificultando a disseminação de substâncias nocivas ao ambiente. Atualmente em todo o mundo, a tendência é de dar preferência às técnicas de remediação *in situ*, por apresentarem baixos custos e não provocarem contaminações secundárias, fato observado na remediação *ex situ*, já que ocorre o transporte do material contaminado até o sítio de tratamento (Tavares, 2013).

Dentre as técnicas *in situ* mais utilizadas destaca-se a fitorremediação, que se refere ao uso de plantas e sua comunidade microbiana associada para degradar, sequestrar ou imobilizar poluentes presentes no solo. Contribui para a descontaminação de solos poluídos, principalmente com metais pesados e poluentes orgânicos, reduzindo seus teores a valores seguros à saúde humana, além de contribuir na melhoria das características físicas, químicas e biológicas destas áreas.

Um dos desafios da utilização da fitorremediação é a restrita relação de espécies de árvores nativas tropicais que reconhecidamente sejam efetivas para servir a esse propósito. Apesar das espécies lenhosas apresentarem menor grau de tolerância a valores tóxicos de metais pesados do que espécies herbáceas, o uso das primeiras na recuperação de áreas contaminadas é mais vantajoso, considerando que os metais absorvidos ficarão por mais tempo imobilizados nos tecidos vegetais, principalmente no caule, retardando o retorno desses elementos ao solo.

As espécies utilizadas para realizar a fitorremediação são tolerantes à presença dos metais pesados (MPs). Os mecanismos envolvidos na tolerância das plantas ao excesso de MPs são diversos e variados, incluindo a exsudação de substâncias quelantes; a produção intracelular de substâncias quelantes, tais como ácidos orgânicos e fitoquelatinas; metalotioneínas; alterações na compartimentalização dos metais na célula; retenção do metal na raiz, evitando sua translocação para a parte aérea; biotransformação e mecanismos de reparo celular; imobilização do metal na parede celular; desenvolvimento de enzimas tolerantes ao metal; aumento da tolerância à deficiência mineral e aumento da absorção de certos macronutrientes. Além disso, a associação com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) pode ser considerada um mecanismo de tolerância das plantas, já que pode diminuir os efeitos negativos do estresse induzido por altas concentrações de MPs e exercer efeito protetor à planta hospedeira (Andrade et al., 2003 apud Souza, 2010).



As diferentes categorias de fitorremediação (Lima et al., 2014; Cunningham et al., 1996) incluem: fitoextração, fitodegradação, fitovolatilização e rizodegradação (Figura 3-1). Na fitoextração a planta absorve o contaminante, transportando-o para a parte aérea onde é acumulado em altas concentrações. Na fitodegradação as plantas absorvem e metabolizam o contaminante tornando-o menos tóxico. Na fitovolatilização as plantas ou a atividade da microbiota associada às raízes ajudam a aumentar a taxa de volatilização de contaminantes. Já na rizodegradação (fitoestabilização e fitoestimulação), as raízes das plantas, em conjunto ou não com a microbiota associada, e os produtos excretados na rizosfera, decompõem o contaminante.

Figura 3-1: Diferentes categorias da fitorremediação. Fonte: Lima et al. (2014).

A planta ideal para fitoextração de metais pesados deve ser tolerante aos seus altos níveis, acumular grandes quantidades na parte aérea, ter alta taxa de crescimento, produzir muita biomassa e ter sistema radicular abundante (Garbisu & Alkorta, 2001). Outra maneira de se avaliar o potencial fitoextrator da espécie vegetal é o fator de transferência ( $t$ ), definido como a razão entre a concentração total do contaminante na planta e a concentração total do contaminante no solo, proposta por Lubben & Sauerbeck (1991). Valores elevados de  $t$  são desejáveis para fitoextração e quanto maior este fator, maior a absorção do contaminante (Henry, 2000).

Embora ainda existam muitas dúvidas sobre se existe ou não contaminação por metais pesados na bacia do ribeirão Ferro-Carvão, este projeto faz uma breve revisão de espécies tropicais nativas do Cerrado e Mata Atlântica, como potenciais fitorremediadoras, para serem usadas na restauração florestal em Brumadinho. Como será observado, são espécies que podem ser usadas normalmente em projetos de restauração e que em paralelo podem atuar como fitorremediadoras, caso se constate que o solo está contaminado.



### 3.3.2.3.2 REVISÃO DE LITERATURA

Caires et al., (2011) conduziram experimento para verificar o desenvolvimento de mudas de cedro-rosa (*Cedrela fissilis*) em solo contaminado com cobre (Cu). Os autores utilizaram para plantio Latossolo Amarelo Distrófico com textura média com o objetivo de reduzir a adsorção do Cu para submeter a planta a maiores teores disponíveis do elemento. O experimento foi conduzido em casa de vegetação onde cada muda de cedro foi plantada em recipiente contendo doses crescentes de Cu calculadas para testar os valores definidos pela CETESB (2001) como limites de alerta e intervenção. As mudas receberam adubação NPK. De acordo com Kabata-Pendias (2001), a clorose e malformação de raízes são as características mais comuns induzidas pela toxicidade de Cu nas plantas. Os autores citam ainda que o excesso de Cu também causa decréscimo na eficiência fotossintética, por interferir na cadeia transportadora de elétrons do fotossistema I, ocasionando a depressão de crescimento de plantas sensíveis. No caso do cedro-rosa, verificou-se que inicialmente as mudas apresentaram clorose e perda de folhas, mas que aos 20 dias de plantio, emitiram novas gemas apicais sinalizando superação da fase inicial. Ao final do experimento, os autores verificaram que houve maior desenvolvimento de raízes que da parte aérea e que a concentração de Cu foi maior nas raízes que nas folhas. Os autores afirmam que o desenvolvimento de raízes sinaliza tolerância da planta em relação ao Cu e seu potencial como planta fitorremediadora, uma vez que se cria oportunidade de colonização mais efetiva da área contaminada e aumenta a CTC radicular, aumentando a capacidade de adsorção pela raiz do metal contaminante. O autor recomenda o plantio desta espécie arbórea nos estágios iniciais dos processos de fitorremediação, focando-se em especial na diminuição da contaminação, na cobertura vegetal da área e na diminuição da dispersão dos contaminantes. Em trabalhos de recuperação de áreas degradadas, tal potencial é associado à fitoestabilização do solo, evitando a dispersão do contaminante por lixiviação e erosão e acumulando-o na raiz. Além disso, plantas que acumulam metais nas raízes e não translocam para as folhas, de acordo com Chen et al. (2005), possuem alta capacidade de extração de elementos contaminantes do ambiente. A elevada translocação do cobre para a parte aérea pode indicar baixa tolerância a esse elemento, pois uma vez dentro das células vegetais, sistemas importantes para a sobrevivência e desenvolvimento da espécie, como funções do fotossistema I e II, podem ser afetados.

Silva et al. (2007) realizaram experimento testando a tolerância de *Peltophorum dubium* (canafístula), *Parapiptadenia rigida* (angico) e *Enterolobium contortisiliquum* (timbaúva). O experimento foi conduzido em casa de vegetação utilizando para plantio Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico e doses crescentes de Cu. Os autores verificaram que as espécies angico e timbaúva apresentaram tendência de acúmulo de Cu nas raízes e baixa translocação para a parte aérea, o que, conforme já foi discutido, sugere que essas espécies sejam tolerantes a solos contaminados pelo Cu. O autor verificou que mesmo em menor proporção, a canafístula também apresentou esse comportamento e que, de modo geral, as plantas menos influenciadas pela contaminação limitaram a translocação do Cu para a parte aérea, fato que pode ser resultante de mecanismo que reduz a disponibilidade na rizosfera, estimula o bombeamento do metal na membrana plasmática, acumulando em estruturas celulares como o citoplasma e retém o metal na parede celular da raiz.



Soares et al. (2001) conduziram experimento em casa de vegetação com o objetivo de avaliar o acúmulo e distribuição de metais pesados nas raízes, caule e folhas de mudas de árvores em solo contaminado por rejeitos com Zinco (Zn). Para isso, realizou-se plantio de mudas de espécies arbóreas em recipientes contendo Latossolo Vermelho-Escuro misturado com o solo contaminado, numa proporção de 40% de solo não contaminado e 60% de solo contaminado. A seleção das espécies plantadas foi realizada com base em sua disponibilidade e utilizando literatura especializada. Avaliou-se os teores, acúmulo e distribuição de metais pesados nas raízes, caule e folhas de mudas de espécies arbóreas transplantadas para mistura de solo contaminado por diversos metais pesados.

Foram utilizadas 19 espécies nativas: *Peltophorum dubium*, *Anadenanthera peregrina*, *Machaerium nictitans*, *Cedrella fissilis*, *Casearia lasiophylla*, *Senna macranthera*, *Solanum granulosum-leprosum*, *Tabebuia impetiginosa*, *Platypodium elegans*, *Piptadenia gonoacantha*, *Hymenaea courbaril*, *Cordia trichotoma*, *Dendropanax cuneatum*, *Myroxylon peruiferum*, *Copaifera langsdorffii*, *Myrsine umbellata*, *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Sebastiania schottiana* e *Trema micrantha*.

Os autores verificaram que apenas *C. langsdorffii*, *D. cuneatum* e *T. impetiginosa* não apresentaram redução na matéria seca de raízes, caule e folhas, indicando a menor sensibilidade dessas espécies à contaminação; ao passo que *A. peregrina*, *C. lasiophylla*, *M. caesalpiniaefolia* e *S. schottianna* mostraram-se altamente sensíveis à contaminação, apresentando decréscimo significativo em todas as partes da planta. Para as demais espécies, verificou-se que a contaminação do solo reduziu significativamente a produção de matéria seca das folhas, com exceção de *C. fissilis*, *M. nictitans* e *S. granulosum-leprosum*, que apresentaram redução apenas nas raízes e/ou caule. Os autores verificaram que os elevados teores de Zn e Cd encontrados na maioria das partes aéreas das plantas indicam o potencial fitotóxico desses elementos, porém ressaltam que as plantas que apresentaram baixos valores na parte aérea, também apresentaram redução de crescimento, mostrando que a multicontaminação e as possíveis interações químicas no solo e fisiológicas na planta devem ser consideradas para avaliar o impacto do excesso de metais pesados sobre as espécies. Foi observado que a maioria das espécies apresentou maior quantidade relativa de Zn nas raízes em solo contaminado, enquanto *M. peruiferum* e *Piptadenia gonoacantha* apresentaram maior quantidade relativa desse elemento nas folhas. Isso sugere que essas duas espécies apresentam alta capacidade de translocação do Zn absorvido. Espécies com essa característica podem facilitar o processo de distribuição do Zn nos componentes do ecossistema, tendo-se em vista que as folhas reciclam mais rapidamente que as demais partes da planta.

Leal (2014) avaliou o potencial e capacidade de acumulação de chumbo (Pb), cádmio (Cd) e zinco (Zn) de aroeira (*Schinus terebinthifolia*). As plantas foram coletadas em campo e segmentadas entre parte aérea e radicular. Em relação ao Pb a autora verificou por meio da razão entre a concentração do metal na planta e a concentração do metal no solo (fator de bioacumulação-FB) que a planta avaliada não deve ser utilizada como fitoextratora de Pb. Mas apresenta bom potencial na presença de Cd e Zn.



Oliveira (2010) com o objetivo de avaliar a capacidade de plantas nativas da mata ciliar do Rio Tietê como fitorremediadoras na recuperação de áreas contaminadas por metais pesados, realizou o plantio de 17 espécies de arbóreas nativas da Mata Atlântica em calhas contendo solo contaminado de antiga área industrial e solo não contaminado para controle. Após 127 dias do plantio, foram selecionadas 6 espécies com a maior média de crescimento do caule e raiz, precocidade de crescimento das plantas e desenvolvimento do sistema radicular em condições de contaminação: *Mimosa sepriaria*, *Erythrina falcata*, *Citharexylum myrianthum*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Croton urucurana*. Segundo o autor as espécies avaliadas podem ser utilizadas no processo de fitorremediação da mata ciliar do Rio Tietê, uma vez que todas cresceram em solo contaminado e sem nenhum tratamento prévio. O autor afirma que todas as espécies avaliadas removeram os metais Cd, Cr, Ni, e Zn do solo, ultrapassando os teores biodisponíveis no solo contaminado, o que lhes conferem as características de plantas metalófitas, que podem ser utilizadas em programa de recuperação da área dentro dos princípios da fitoestabilização, por terem demonstrado tolerância aos metais citados.

Irie et al. (2008) citam que a embaúba (*Cecropia pachystachya*) associada a microrganismos de sua rizosfera é capaz de acumular, principalmente em suas raízes, metais do solo como alumínio, cálcio, cobre, cromo, ferro, magnésio, manganês, níquel e zinco, apresentando pouca translocação para outros tecidos.

Santos & Novak (2013) apresentam em revisão de literatura plantas do cerrado que possuem possibilidade de serem utilizadas como fitorremediadoras. São elas: *Echinochloa polystachya* (canarana-verdadeira) para petróleo, *Baccharis dracunculifolia* (alecrim-do-campo) para arsênio e *Pityrogramma calomelanos* (samambaia) também para arsênio.

Souza (2010) realizou experimento com objetivo de avaliar a tolerância de três espécies de leguminosas arbóreas a diferentes concentrações de chumbo e zinco no solo, com vista à fitorremediação. A autora utilizou sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Erythrina speciosa* e *Schizolobium parahyba*. A semeadura foi realizada em vasos contendo solo enriquecido com solução com concentrações crescentes de acetato de chumbo e sulfato de zinco. Após aproximadamente 180 dias de cultivo, foram determinadas a altura e a área foliar total, a massa da matéria seca (MS) da parte aérea e das raízes, o número de nódulos, e a MS de nódulos nas espécies capazes de nodular.

Os resultados mostraram que o crescimento em altura foi influenciado pela adição de Zn nas três espécies avaliadas, sendo que em *M. caesalpiniaefolia* houve uma redução de 81% em relação ao tratamento controle. Observou-se um aumento na concentração de Zn nas raízes das três espécies com o aumento das concentrações de Zn no solo. A distribuição dos metais pesados na planta indicou que o Zn ficou retido preferencialmente nas raízes. As plantas cultivadas em solo controle apresentam translocação maior de Zn para as folhas e com um aumento do Zn no solo, houve redução da translocação. Em relação ao Pb, a germinação das sementes não sofreu interferência. O aumento da concentração de Pb no solo aumentou linearmente a concentração deste metal na parte aérea (folhas e caule) de *E. speciosa* e *S. parahyba*, mas somente no caule de *M. caesalpiniaefolia*. Nas plantas do solo controle, e com baixas concentrações de Pb, houve alta translocação do metal absorvido



para órgãos da parte aérea, especialmente no caule, enquanto que nas plantas crescendo em solo com altos níveis de Pb, o acúmulo ocorreu preferencialmente nas raízes, em torno de 85-90% do Pb total absorvido pelas plantas. De acordo com a autora o Pb afetou de forma diferente o crescimento das espécies estudadas, e, no geral, de forma menos pronunciada que o Zn, o que pode ser explicado pelo fato de o Zn ser um metal essencial às plantas, facilmente absorvido e ter uma mobilidade entre média e alta dentro da planta, sendo facilmente translocado para a parte aérea. Tendo em vista o exposto, a autora conclui que as espécies arbóreas analisadas podem ser potenciais plantas fitoestabilizadoras de solos contaminados com os metais pesados Pb e Zn, sendo que, para o Pb a espécie mais tolerante é *M. caesalpiniaefolia* e para o Zn é *E. speciosa*.

O que se nota nesta breve revisão é que apesar do potencial de uso das espécies arbóreas nativas (Tabela 3-4) e de vantagens relacionadas à diversidade de espécies adaptadas às diferentes condições edafoclimáticas dos biomas brasileiros, é consenso entre os autores que são poucos os estudos sobre a tolerância de espécies arbóreas tropicais em solos contaminados com metais pesados. Todas as espécies da Floresta Estacional Semidecídua, ocorrentes na região, consideradas fitorremediadoras, serão utilizadas nessa proposta de restauração florestal. Adicionalmente, uma impressão que se tem é que muito mais espécies podem ser potenciais para fitorremediação. Dessa maneira, com a biodiversidade recomendada neste projeto e caso seja confirmada a contaminação do solo na bacia do ribeirão Ferro-Carvão, este projeto poderá ser o maior experimento em fitorremediação com espécies arbóreas nativas da floresta estacional, não só pela diversidade de espécies monitoradas, mas também por que será um experimento a céu aberto, não em casa de vegetação.

**Tabela 3-4: Tabela resumo com as espécies arbóreas ocorrentes na Mata Atlântica e Cerrado, com uso potencial como fitorremediadoras levantadas por meio de revisão de literatura.**

Nome Científico	Metais Testados	Ocorrem na FES MG
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	Cu	Sim
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	Cu	Sim
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	Arsênio	Sim
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Cu, Cr, Fe, Ni, Zn	Sim
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cu, Zn, Pb	Sim
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	Cd, Cr, Ni, e Zn	Sim
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Cu, Zn, Pb	Sim
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Cu, Zn, Pb	Sim
<i>Croton urucurana</i> Baill.	Cd, Cr, Ni, e Zn	Sim
<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.	Cu, Zn, Pb	Sim
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Cu; Cd, Cr, Ni, e Zn.	Sim
<i>Erythrina falcata</i> Benth.	Cd, Cr, Ni, e Zn	Sim
<i>Erythrina speciosa</i> Andrews	Cu, Zn e Pb	Sim
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Cu, Zn, Pb	Sim
<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth.	Cu, Zn e Pb	Não
<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	Cd, Cr, Ni, e Zn	Sim
<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	Cu, Zn, Pb	Sim
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Cu, Zn, Pb	Sim



Nome Científico	Metais Testados	Ocorrem na FES MG
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Cu, Zn, Pb	Sim
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	Cu, Zn, Pb	Sim
<i>Platypodium elegans</i> Vogel	Cu, Zn, Pb	Sim
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	Cu, Zn e Pb	Sim
<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby	Cu, Zn, Pb	Sim
<i>Solanum granulosoleprosum</i> Dunal	Cu, Zn, Pb	Sim
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Cu, Zn, Pb	Sim
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cu, Zn, Pb	Sim

### 3.3.2.4 CONTEXTUALIZAÇÃO DOS OBJETIVOS

Paralelamente ao conjunto de Obras Emergenciais focado na contenção dos rejeitos e na melhoria da qualidade da água do rio Paraopeba, serão desenvolvidas ações orientadas especificamente para a recuperação ambiental das áreas afetadas pela ruptura da Barragem 1 da Mina Córrego do Feijão.

Foram propostos neste trabalho, dois cenários conceituais que terão, como finalidade, em momentos oportunos junto aos vários atores envolvidos, subsidiar tomadas de decisão efetivas sobre o destino a ser dado para as áreas atingidas pelos rejeitos decorrentes da ruptura da Barragem B I.

**Cenário I:** Este primeiro cenário apresentado vai ao encontro de diretriz firmada pelo Ministério Público Estadual e a Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável que solicitam a retirada total da massa de rejeito espalhada nas áreas afetadas pelo rompimento da Barragem B I. Este cenário é representado neste trabalho considerando esta diretriz como solução que buscaria o restabelecimento aproximado das pretéritas condições ambientais do vale do ribeirão Ferro-Carvão e parte de seus afluentes, em especial, a restituição da vegetação associada ao bioma em que está inserido. Neste caso, antecipa-se que a operação da remoção total da massa de rejeito poderá demandar alguns anos e a avaliação de espaços ou estruturas como a Cava do Feijão e a Pilha de Estéril Menezes para o destino final dos rejeitos. Além disso é importante levar em conta que, muito provavelmente, a configuração “original” do relevo e dos solos das áreas atingidas foram alterados pela corrida/onda de rejeitos, uma vez que estes são mais densos (alta concentração de minério de ferro) e promoveram a remodelagem da superfície. Ou seja, pode ser que não se atinja a condição pristina com a remoção dos rejeitos. De todo modo, essa alternativa de recuperação ambiental está sendo abordada conceitualmente neste trabalho com o objetivo, tão somente, de possibilitar reflexões que poderão ser agregadas para o enriquecimento de uma proposta ainda preliminar a ser lapidada após acolhimento de contribuições da comunidade de Brumadinho.

**Cenário II:** Neste segundo cenário para a recuperação ambiental da área afetada é considera a remoção parcial do rejeito. Esta proposta de recuperação ambiental pauta-se na remobilização e reconformação dos depósitos de rejeitos espalhados na porção correspondente ao terço superior da área afetada e sua conformação em platôs baixos e



restaurados da mesma maneira que no Cenário I. Essa ação seria realizada em áreas de propriedade da Vale. Nas porções inferiores do vale do ribeirão Ferro-Carvão, a recuperação ambiental passa por uma remoção de parte de rejeito, mas sempre observando a necessidade de uma reconformação topográfica favorável à estabilidade morfodinâmica dos terrenos, através de plantios ou locação de estruturas de uso social ao longo das margens fluviais do citado curso hídrico. Nesta segunda perspectiva, a movimentação de rejeito seria mais ágil visto que porção substancial do montante seria deslocada para locais de curtas distâncias. De todo modo, trata-se de um cenário que é apresentado com o pressuposto de dar a máxima agilidade à estabilização ambiental do vale do ribeirão Ferro-Carvão e agrega conceitos claros de uso efetivo, público ou privado de porções do espaço alvo, em consonância com aquilo que a comunidade de Brumadinho vier a decidir.

Nos dois cenários de recuperação ambiental que estão sendo apresentados, algumas questões fundamentais devem ser consideradas como diretrizes para o seu encaminhamento. Ressalta-se então que a primeira delas refere-se à necessidade de envolvimento da população quanto ao destino da área em pauta, observando-se o momento oportuno de se estabelecer uma discussão a respeito, visto que as condições emocionais atuais são consideradas ainda impróprias.

A segunda, refere-se à necessidade de conhecimento da posição do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG) quanto aos procedimentos necessários e permitidos para a adoção de qualquer um dos dois cenários aqui desenhados (ou de outros que possam surgir após envolvimento da comunidade de Brumadinho) visto que, em menor ou maior escala, ambos consideram a necessária remoção ou remobilização da massa de rejeito.

A terceira diretriz a ser observada é a necessidade de considerar o possível descomissionamento das estruturas implantadas na bacia do ribeirão Ferro-Carvão e nas margens do rio Paraopeba. São estruturas destinadas à contenção dos rejeitos e ao tratamento das águas derivadas dessa operação, de modo a restituir a funcionalidade ambiental às áreas foco deste trabalho.

Por fim, a quarta diretriz refere-se à importância de concretizar o parecer sobre a natureza geoquímica e dinâmica dos rejeitos para que a ação de recuperação ambiental a ser executada seja dotada dos pressupostos alinhados à decisão que vier a ser tomada pela comunidade e órgãos envolvidos.

### **3.3.2.5 DIAGNÓSTICO DE CAMPO**

Como já mencionado o foco das ações de restauração são as áreas preteritamente ocupadas, na sua maior parte, por Floresta Estacional Semidecidual (FES), principalmente aquelas ocupadas pelo rejeito. Mas foi realizado um diagnóstico mais abrangente para auxiliar num planejamento estratégico que contemple a restauração de áreas degradadas na bacia, caso isso seja cogitado pelas partes envolvidas. A base de estudos para este diagnóstico abrangente da bacia foi a análise de paisagem, com a priorização de áreas para restauração, apresentada no diagnóstico ambiental (Item 2.4 do diagnóstico do meio biótico).

As três principais classes que devem ser objeto de restauração são: as áreas ocupadas pelo rejeito, as áreas de floresta com deposição de rejeito nas bordas e as áreas de pastagens, que podem se integrar ao planejamento de corredores ecológicos, por meio de sua restauração. Estas áreas são apresentadas a seguir.

Para definição do estado de conservação dos remanescentes naturais na bacia foram utilizados critérios previamente estabelecidos pelo Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal (LERF, ESALQ/USP), os quais consideram o número de estratos, as características do dossel, a presença de epífitas, a presença de lianas em desequilíbrio na borda dos fragmentos e a presença de gramíneas exóticas, como indicadores da intensidade de degradação dos fragmentos.

Os estratos de uma floresta são os diversos níveis de alturas em que as copas de indivíduos de porte equivalente se tocam, podendo ocorrer desde um único a vários estratos, sendo eles contínuos ou não. Uma floresta com estratos contínuos tem as copas dos indivíduos se tocando em diversas alturas, sem predominantes definidos (Rodrigues & Gandolfi, 2004). A presença de uma ampla diversidade de epífitas como orquídeas, bromélias e cactáceas caracteriza uma floresta pouco degradada, pois estas formas de vida necessitam de condições muito específicas de microclima e estrutura da vegetação para se estabelecerem e se desenvolverem, além de apresentarem crescimento lento.

O efeito de borda é consequência da fragmentação florestal e está associado a mudanças ecológicas e microclimáticas da região de contato dessa fisionomia florestal com outras fisionomias não florestais de entorno. Geralmente, essa situação é caracterizada pela invasão de gramíneas exóticas e pelo domínio desequilibrado de algumas populações de lianas ou arvoretas, que dificultam o estabelecimento de indivíduos arbóreos. Estes efeitos apresentam-se em maior ou menor grau conforme a intensidade, os intervalos de ocorrência, a duração e o tipo do fator de degradação (Triquet et al., 1990). A Tabela 3-5 apresenta os critérios utilizados para classificação das formações florestais naturais conservadas e daquelas passíveis de ações de restauração.



**Tabela 3-5 - Critérios utilizados para classificação do estado de degradação dos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES).**

Fisionomia	Situação de Degradação	N° de estratos	Dossel		Presença de epífitas	Presença de lianas em desequilíbrio		Invasão de gramíneas exóticas	
			Altura (m)	Continuidade		Borda	Interior	Borda	Interior
FES médio/avançado	Conservada	>2	9-20	Contínuo, com indivíduos regenerantes	Frequente	Raro	Raro	Raro	Raro
	Com deposição de rejeitos no solo	>2	9-20	Contínuo, com indivíduos regenerantes	Frequente	Raro	Raro	Raro	Raro
FES em estágio inicial	Com deposição de rejeitos no solo	1-2	3-8	Contínuo	Raro	Frequente	Frequente	Frequente	Frequente
	Sem deposição de rejeitos no solo	1-2	3-8	Contínuo	Raro	Frequente	Frequente	Frequente	Frequente



As áreas cobertas por rejeito e detritos eram ocupadas originalmente por florestas, que foram arrastadas (Foto 3-1). Provavelmente, o banco de sementes foi soterrado ou carregado para outros locais, junto com os horizontes superficiais do solo, e a regeneração está comprometida, uma vez que durante os 3 primeiros meses após o evento de degradação não foi possível observar-se emergência significativa de indivíduos regenerantes do ecossistema natural. Podemos particularizar essas áreas em situações de relevo residual declivoso ou plano.

Nas áreas mais declivosas, onde antes estava a barragem B I o material ainda é instável oriundo de rejeito da atividade mineradora (Foto 3-2). Nesse tipo de sítio não se observa regeneração natural de espécies nativas, embora localizado próximo a remanescentes naturais de floresta. Nas áreas mais planas também não se observa regeneração natural de espécies florestais nativas, embora exista uma intensa colonização por espécies ruderais típicas de ambientes úmidos ou brejosos em alguns locais (Foto 3-3), tais como *Polygonum acuminatum* Kunth (Polygonaceae) e *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. (Poaceae). Podem se localizar próximas ou distantes a remanescentes naturais de floresta.



Foto 3-1: Trecho de área degradada pela força dos rejeitos oriundos da barragem rompida, com intensa regeneração de espécies herbáceas. Bacia do ribeirão Ferro-Carvão, Brumadinho, MG, abril/2019.





Foto 3-2: Área declivosa onde é necessária a remoção do rejeito de minério e a regularização do terreno, permitindo uma estabilidade mínima para a adoção das ações de restauração florestal. Bacia do ribeirão Ferro-Carvão, Brumadinho, MG, abril/2019.



Foto 3-3: Área coberta por rejeitos de mineração. Bacia do ribeirão Ferro-Carvão, Brumadinho, MG, abril/2019.



Em linhas gerais, os fragmentos em estágio médio ou avançado estão em boas condições de conservação, a não ser aqueles afetados pela invasão de rejeitos. São fragmentos que possuem mais de dois estratos arbustivo-arbóreos e são caracterizados por um dossel contínuo, com presença de árvores emergentes e epífitas ocasionais. A presença de gramíneas exóticas em desequilíbrio restringe-se somente à borda do fragmento, o que indica que a área sofreu pouca perturbação recente e que o fragmento se apresenta já em estágio médio a avançado de regeneração, como já ilustrado no diagnóstico do meio biótico, apresentado no Volume II deste EIA.

Os fragmentos em estágio inicial, com ou sem deposição de rejeitos, apresentam dossel irregular com a presença de poucas árvores emergentes. Frequentemente apresenta alta densidade de gramíneas exóticas na borda e interior, o que indica que a área foi bastante antropizada (Foto 3-4). Importante ressaltar que as condições desses sítios não têm relação com o rompimento da barragem, mas sim com interferências pretéritas.

Nas áreas onde os rejeitos cobriram o solo, tanto nas florestas em estágio médio/avançado, como nas florestas em estágio inicial, o dossel não foi afetado (Foto 3-5) e é possível observarmos indivíduos da regeneração natural já presentes antes da chegada do rejeito (Foto 3-6). Nesses casos, a retirada dos rejeitos pode afetar ainda mais a regeneração da floresta. Recomenda-se que onde as espessuras de rejeito depositadas sejam baixas (até aproximadamente 30 cm), que a regeneração natural seja monitorada por pelo menos 01 ano. Caso exista colonização e caso os rejeitos não contenham contaminantes, a sucessão se encarregará de refazer a floresta. Entretanto, em pacotes de deposição mais espessos ou se for detectada a presença de contaminantes, deve ser observada a possibilidade de retirada dos rejeitos e os monitoramentos também devem ser aplicados.

Em algumas áreas florestais de baixada, a deposição de rejeitos no solo plano formou uma cobertura de lama encharcada pelas águas pluviais, em uma situação sem possibilidade de drenagem da água em excesso. A consequência é a mortalidade generalizada da vegetação (Foto 3-7). Como pode ser observado no represamento da água em função da construção de estrada, sem dispositivo de drenagem adequado. Nestes casos, são necessárias a implantação de estruturas de drenagem, para retirada desta água acumulada. Além disso, registra-se a ocorrência de danos pretéritos à vegetação causados por incêndios, o que pode ser consequência da morte de parte das árvores ainda em pé.





Foto 3-4: Trecho de floresta com necessidade de restauração, com dossel, descontínuo, presença de lianas em desequilíbrio, presença de indivíduos exóticos de eucaliptos e cobertura de gramíneas nas bordas. Bacia do ribeirão Ferro-Carvão, Brumadinho, MG, abril/2019.



Foto 3-5: Trecho de floresta onde o rejeito cobriu o solo, destruindo parte da regeneração, sem afetar o dossel. Bacia do ribeirão Ferro-Carvão, Brumadinho, MG, abril/2019.





Foto 3-6: Indivíduos regenerantes presentes em área de floresta afetada por rejeitos: da esquerda para direita, espécies arbóreas nas imagens superiores e espécie herbácea e liana nas imagens inferiores. Bacia do ribeirão Ferro-Carvão, Brumadinho, MG, abril/2019.



Foto 3-7: Trecho de Floresta com necessidade de restauração. Esse trecho encontra-se em área plana e afetada pelos rejeitos, um material muito encharcado que permanece depositado no terreno, o que está levando à mortalidade generalizada da vegetação. Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão, Brumadinho, MG, abril/2019.



As áreas cobertas por pastagens, são dominadas por gramíneas exóticas, predominantemente braquiárias (gênero *Urochloa*), sem ou com pouca ocorrência de indivíduos arbustivo-arbóreos regenerantes (Foto 3-8).



Foto 3-8: Pasto com baixa regeneração natural de espécies arbustivo-arbóreas. Bacia do ribeirão Ferro-Carvão, Brumadinho, MG, abril/2019.

### 3.3.2.6 INTERPRETAÇÃO DAS ANÁLISES DO REJEITO

Análises preliminares para fins de fertilidade do solo, foram observadas a partir das amostras realizadas pela Geosol no rejeito depositado ao longo da área terrestre diretamente afetada. Resultados preliminares indicam que conforme a ABNT 10.004/2004 o rejeito é classificado como material não perigoso (Classe II). Conforme essa norma técnica para que o material seja considerado não perigoso ele não pode apresentar nenhuma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

É um substrato rico em Fe e Mn, mas extremamente pobre para os mais diversos nutrientes necessários para um bom desenvolvimento das plantas. Entretanto, é um material com elevado pH (6,4 a 8,9). Isso possibilitou definir recomendações gerais de fertilização, caso exista plantio sobre o rejeito. No entanto, é altamente recomendado que, para cada trecho a ser restaurado, se obtenha análises de fertilidade individualizadas, além de outras análises importantes como a referente à compactação do solo. Dessa forma, com análises setorizadas, as práticas de restauração poderão ser definidas de forma mais precisa e com resultados muito melhores, poupando tempo e recursos para esse fim. Além disso, ainda não se sabe sobre qual substrato será implantada a restauração, se em um cenário de remoção completa dos rejeitos ou de remoção parcial (ver item de “Contextualização dos Objetivos”). Os parâmetros de referência dos elementos químicos são resumidos e apresentados na Tabela 3-6.



A calagem pode ser necessária devido também aos baixos teores de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg). A dosagem recomendada com base em análises de solo / substrato deve ser distribuída de forma regular no terreno e não existe a necessidade de incorporar ao solo. O calcário também não precisa ter um PRNT muito alto, pois o Ca e Mg serão incorporados e absorvidos ao longo dos anos no solo. Ressalta-se que o calcário nunca deverá ser incorporado diretamente no berço (ou cova de plantio).

Nas análises, os micronutrientes não se apresentaram em concentrações ideais, sendo fundamental a sua aplicação para um bom resultado da fertilização. Os fertilizantes de liberação controlada são indicados para suprir as deficiências de macronutrientes e micronutrientes.



**Tabela 3-6: Referências de teores de elementos químicos para fertilização nas áreas terrestres diretamente afetadas pelo rejeito.**

	Valores	pH	m.o.	P - resina	Cátions Trocáveis				Micronutrientes				
		H2O	g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	Ca	Mg	K	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn
						mg/dm <sup>3</sup>				mg/dm <sup>3</sup>			
	Baixo	< 4,8	0-15	0 - 5	< 20	< 6,1	< 31,7	-	0 -0,2	0-0,2	0 - 4	0-1,2	0-0,5
Referência	Médio	4,8-6,5	16-40	6 - 12	20	6,1	31,2-58,5	-	0,21-0,6	0,3-0,8	5 - 12	1,3-5,0	0,6-1,2
	Alto	> 6,5	> 40	> 12	> 20	> 6,1	> 58,5	-	> 0,6	>0,8	>12	> 5	>1,2



Na adubação de base vale destacar que sua principal função é no aporte de fósforo, já que ele é essencial para crescimento das raízes e no conseqüente estabelecimento das mudas. Apenas como recomendação geral pode ser citado que para suprir as necessidades dos macronutrientes Fósforo (P), Nitrogênio (N) e Potássio (K) e dos vários micronutrientes faltantes, podem apresentadas 2 opções: a) deverá ser usado o fertilizante NPK 12-12-18 + 0,5%Ca + 5,5%S + 2%Mg + 0,4%B + 0,4%Cu + 0,4%Zn somente na adubação de plantio (em dose única) na quantidade de 400 gramas/planta em covetas laterais ou; b) o uso do fertilizante convencional de base (no berço) NPK 09-36-07 na quantia de 133 g/muda + micronutrientes e posteriormente, em cobertura, uso de fertilizante convencional em cobertura NPK 20-00-20 na quantia de 120 g/planta de + micronutrientes. A fonte de micronutrientes deve ser o FTE Br 9 ou 12, 20 g/planta.

O uso de fertilizantes de liberação controlada ou contendo compostos orgânicos são bem interessantes por apresentarem geralmente melhores resultados que os fertilizantes químicos convencionais. Ressalta-se ainda o elevado pH que acaba por não disponibilizar alguns nutrientes para as plantas, conforme mostra a Figura 3-2, mostrando a necessidade de realização de monitoramento, por meio de análises de solo e folhas, ao longo do tempo e definindo necessidade ou não de fertilização complementares.

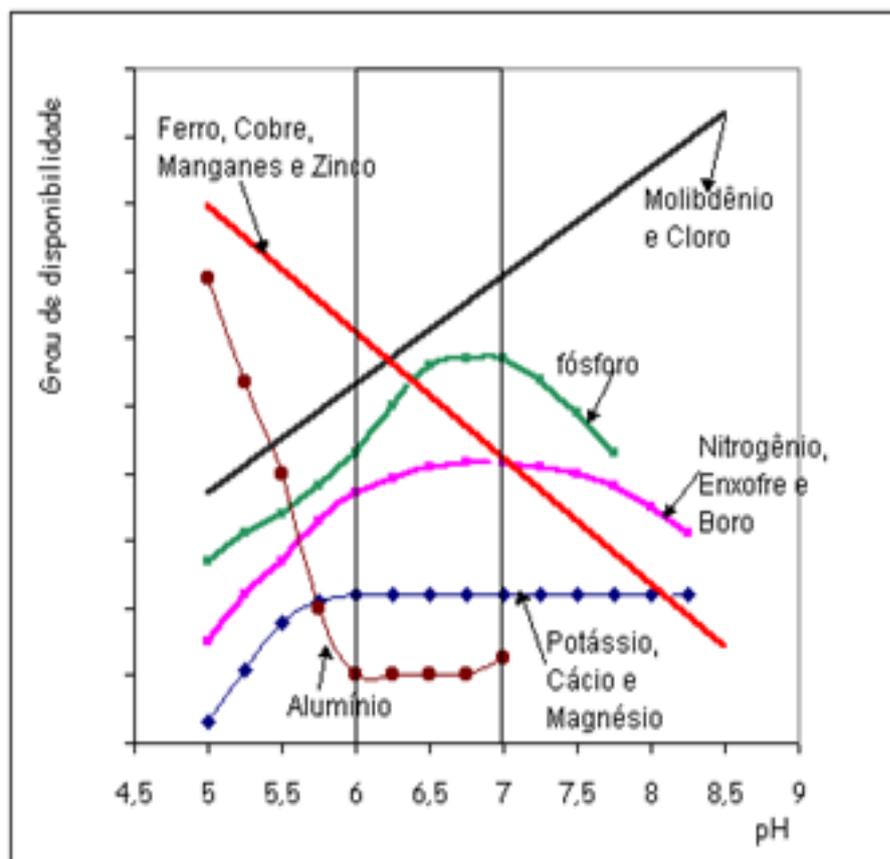


Figura 3-2: Disponibilidade de nutrientes em função do pH no solo.



### 3.3.3 SISTEMATIZAÇÃO DAS AÇÕES DE RESTAURAÇÃO

A definição e recomendação das ações de restauração a serem adotadas para cada uma das situações originalmente ocupadas com Floresta Estacional Semidecidual devem levar em consideração as suas características específicas de uso atual e histórico, além de outras que permitam avaliar o potencial de regeneração natural no local, como a presença de indivíduos regenerantes de espécies nativas ou proximidade de fragmentos remanescentes de vegetação natural. Na Tabela 3-7 são listadas as principais situações gerais encontradas na bacia e as respectivas estratégias de restauração florestal recomendadas. Os detalhes de cada atividade operacional necessárias à implantação e manutenção das áreas de restauração na Bacia do ribeirão Ferro-Carvão, são apresentados a seguir.



**Tabela 3-7: Situações gerais encontradas na bacia do ribeirão Ferro-Carvão, que eram originalmente ocupadas com Floresta Estacional Semidecidual, e as respectivas estratégias de restauração florestal recomendadas. Brumadinho, MG, 2019.**

Situações identificadas no diagnóstico	Proximidade de remanescente conservado	Ações de restauração florestal
FES em estágio médio a avançado	Independente	1. Proteção / isolamento
FES em estágio inicial, solo não coberto por rejeitos de minério	Próximo	1. Proteção / isolamento e retirada dos fatores de degradação. 2. Controle de indivíduos de espécies exóticas invasoras (herbáceas, arbustivas, arbóreas). 3. Condução da regeneração natural.
FES em estágio inicial, solo não coberto por rejeitos de minério	Distante	1. Proteção / isolamento e retirada dos fatores de degradação. 2. Controle de indivíduos de espécies exóticas invasoras (herbáceas, arbustivas, arbóreas). 3. Condução da regeneração natural. 4. Plantio de espécies nativas para adensamento ou enriquecimento.
FES em estágio inicial, solo coberto por rejeitos de minério	Próximo	1. Proteção / isolamento e retirada de fatores de degradação. 2. Controle de indivíduos de espécies exóticas invasoras (herbáceas, arbustivas, arbóreas). 3. Condução da regeneração natural.
Campo/pastagem com elevada regeneração natural de espécies arbustivo-arbóreas de FES	Independente	1. Proteção / isolamento e retirada de fatores de degradação. 2. Controle de indivíduos de espécies exóticas invasoras (herbáceas, arbustivas, arbóreas). 3. Condução da regeneração natural. 4. Plantio de adubos verdes. 5. Plantio de espécies nativas para adensamento ou enriquecimento.
Campo/pastagem com baixa regeneração natural de espécies arbustivo-arbóreas de FES	Independente	1. Proteção / isolamento e retirada de fatores de degradação. 2. Controle de indivíduos de espécies exóticas invasoras (herbáceas, arbustivas, arbóreas). 3. Plantio de adubos verdes. 4. Plantio escalonado de espécies nativas de recobrimento e diversidade.
Cultivo em áreas originalmente ocupadas por FES	Independente	1. Proteção / isolamento e retirada de fatores de degradação. 2. Controle de indivíduos de espécies exóticas invasoras (herbáceas, arbustivas, arbóreas). 3. Plantio de adubos verdes. 4. Plantio escalonado de espécies nativas de recobrimento e diversidade.
Área diretamente coberta por rejeitos e detritos, em topografia declivosa	Independente	1. Proteção / isolamento e retirada de fatores de degradação. 2. Remoção total ou parcial dos rejeitos de minério. 3. Reconformação dos taludes/obras de bioengenharia. 4. Plantio de adubos verdes; 5. Semeadura de espécies herbáceas de recobrimento.
Área diretamente coberta por rejeitos e detritos, em topografia plana	Independente	1. Proteção / isolamento e retirada de fatores de degradação. 2. Remoção total ou parcial dos rejeitos de minério. 3. Recuperação do sistema de drenagem, quando necessário. 4. Plantio de adubos verdes. 5. Plantio escalonado de espécies nativas de recobrimento e diversidade.
Solo exposto	Independente	1. Proteção / isolamento e retirada de fatores de degradação. 2. Plantio de adubos verdes. 3. Plantio escalonado de espécies nativas de recobrimento e diversidade.



### 3.3.3.1 ISOLAMENTO E RETIRADA DO FATOR DE DEGRADAÇÃO

Antes da implantação de qualquer ação de restauração florestal, é preciso inicialmente identificar a existência de fatores de degradação e, caso existam, promover a sua eliminação ou, caso necessário, o isolamento das áreas que se pretende recompor. Dessa forma, evita-se o desperdício de esforços e recursos (financeiros, mudas, mão-de-obra, etc.), pois muitas das atividades executadas antes ou mesmo durante a restauração podem ser totalmente perdidas em função da possível continuidade desses fatores de degradação. Além disso, a partir do controle desses fatores, a vegetação nativa tem melhores condições para se desenvolver sozinha, aumentando a eficácia da restauração e, conseqüentemente, levando a redução dos custos associados a essa atividade.

Geralmente, os fatores causadores de degradação ambiental são relacionados ao trânsito e pastoreio de animais, veículos, máquinas e implementos agrícolas. Há ainda aqueles relacionados à recorrência de incêndios, extração ilegal de madeira, caça, desmatamentos, atividades irregulares de roçadas, deriva de herbicidas, barramento de cursos d'água, entre outros. Por se tratarem de fatores potencialmente danosos ao processo de restauração, sua retirada pode proporcionar um melhor desenvolvimento da floresta, garantindo bons resultados com custos menores. São possíveis soluções para a retirada ou isolamento dos fatores de degradação:

- **Fogo:** eliminação da prática de queimada e construção de aceiros no entorno dos fragmentos florestais vizinhos e das áreas em processo de restauração;
- **Gado:** instalação de cercas no entorno dos fragmentos naturais e de áreas em processo de restauração;
- **Limpeza de pasto:** A princípio nas áreas que se deseja recuperar não estão previstas roçadas e nem aplicação de herbicidas, principalmente nas áreas próximas de fragmentos, pois pode existir os regenerantes naturais, que chegaram como propágulos oriundos das florestas do entorno. Esses indivíduos podem estar tentando recolonizar a área, o que pode baratear e facilitar o processo de recuperação natural da área. Todavia, pode-se avaliar, a depender das condições locais (por exemplo, excessiva mato-competição), a execução de roçadas e aplicação de herbicidas de maneira seletiva, tendo-se sempre o cuidado de evitar danos à regeneração natural;
- **Descargas de enxurrada:** As atividades agrícolas realizadas no entorno devem contar com eficiente planejamento e ações efetivas de conservação de solo, garantindo que esses processos erosivos não ocorram. Deve haver um planejamento da construção de terraços ou direcionamento das saídas de água, de acordo com a necessidade, de forma que a enxurrada interceptada não seja conduzida para o interior de fragmentos florestais e das áreas em processo de restauração, mas que seja acumulada no próprio solo, pela infiltração;
- **Barramento de cursos d'água:** É preciso melhor planejamento do cruzamento de cursos d'água por estradas e carreadores, instalando-se tubos de drenagem com posicionamento e dimensões adequados para que a água não se acumule à montante do curso d'água e cause degradação com o represamento;



- **Extração seletiva de madeira, caça e pesca predatória:** São atividades comumente realizadas de forma ilegal em fragmentos florestais e mesmo em áreas em processo de recuperação, devendo ser contidas com fiscalização e denúncias;

O fator de degradação dominante nas áreas afetadas da bacia do ribeirão Ferro-Carvão foi a passagem e a deposição dos rejeitos de minério sobre o solo. Em extensas áreas, a espessa camada de rejeitos impede a emergência da regeneração natural, que poderia surgir do banco de sementes no solo, nos sítios onde esse banco eventualmente esteja íntegro. Ainda estão em discussão os cenários de remoção dos rejeitos, mas em qualquer cenário deverá ocorrer uma reconformação topográfica e a estabilização de qualquer rejeito que fique remanescente no local. Em áreas planas, a permanência do rejeito e o encharcamento do material com as águas pluviais levou ao estabelecimento de um ambiente inviável à sobrevivência e ao restabelecimento da vegetação natural, observando-se alta mortalidade de indivíduos, como já citado.

Por outro lado, em vários locais, a condição instável do rejeito, seja em função da localização em superfície declivosa, seja pela própria natureza do material, não permite o restabelecimento da vegetação. Nesse caso, além da remoção do rejeito, faz-se necessária a adoção de estratégias geotécnicas, visando a estabilização do solo, a partir da construção de taludes.

Em determinadas situações onde a estabilização do terreno é um requisito essencial, como é o caso das áreas da antiga barragem de rejeitos, deverão ser adotadas estratégias adicionais de geotecnia e/ou bioengenharia para evitar a erosão, como é o caso da instalação de biomanta (Foto 3-9). Além disso, deve ser feita uma seleção adequada de espécies para promover uma rápida e boa cobertura vegetal do solo / substrato, tornando possível a colonização futura por espécies nativas da região.



Foto 3-9: Exemplo de talude reconformado e recoberto por biomanta antierosiva. Este exemplo pode ser utilizado nas superfícies declivosas da antiga Barragem B I. Local: Recôncavo baiano.



### 3.3.3.2 CONTROLE DE COMPETIDORES

Todas as atividades têm papel importante no sucesso da restauração, mas o controle de plantas competidoras em especial pode determinar o sucesso ou insucesso do projeto, influenciando diretamente nos custos de restauração inclusive. É importante deixar claro que espécies competidoras são aquelas que porventura possam vir a prejudicar o desenvolvimento das espécies nativas que se queira implantar. Dessa forma, as espécies competidoras podem ser desde gramíneas invasoras, até lianas em desequilíbrio ou mesmo espécies arbustivo-arbóreas exóticas.

#### 3.3.3.2.1 CONTROLE MECÂNICO DE GRAMÍNEAS EXÓTICAS INVASORAS

Esta atividade consiste basicamente de roçada inicial e outras posteriores, podendo ser combinada com o controle químico. Essa atividade deve se repetir pelo período necessário, geralmente até um bom sombreamento da área, para combater as gramíneas exóticas juntamente com as outras atividades de manutenção. É fundamental não atrasar essa operação, pois as gramíneas podem ter efeito alelopático nas árvores nativas e também podem aumentar o banco de sementes, caso cheguem a florescer e frutificar. No verão, essa atividade pode ser necessária em intervalos curtos, por exemplo, a cada 2 meses, espaçando as repetições nos períodos de inverno. No entanto, é fundamental um acompanhamento técnico para que seja definido o melhor momento para essa atividade, pois muitas vezes o crescimento da gramínea é influenciado por vários fatores como temperatura, umidade, disponibilidade de nutrientes no solo e ainda a cobertura morta oriunda de outras roçadas.

Vale ressaltar que nos casos onde ocorre a regeneração natural, a primeira atividade é o coroamento dos indivíduos regenerantes, facilitando a visualização desses indivíduos durante a roçagem posterior. Algumas das possibilidades de controle de gramíneas são descritas abaixo:

- a) **Mecanizada (nas áreas com acesso):** esta atividade poderá ser realizada por um trator pequeno (~50 HP ou de maior potência) equipado com roçadeira central de transmissão direta com um rendimento médio de 01 hm/ha (hora máquina / hectare) para gramíneas de médio porte (Foto 3-10). É indicado que esta atividade seja realizada em áreas com baixa densidade ou sem afloramento rochoso.
- b) **Semi-mecanizada (nas áreas com acesso):** atividade realizada por um operador equipado com uma moto-roçadeira costal com um rendimento médio de 20 hm/ha (Foto 3-11). Esta atividade poderá ser realizada em áreas com média densidade de afloramento rochoso.





Foto 3-10: Roçada mecanizada no Campus Luiz de Queiroz ESALQ/USP, Piracicaba – SP.



Foto 3-11: Roçada semi-mecanizada (a) e (b).

### 3.3.3.2.2 CONTROLE QUÍMICO DE GRAMÍNEAS INVASORAS

Caso necessário, se houver média a alta infestação por gramíneas, a aplicação de herbicida deve ser feita como um método complementar ao controle manual de gramíneas e é altamente recomendado em plantios florestais desde o preparo do solo (Pitelli & Marchi, 1991; Toledo et al., 2001; Souza et al., 2003).

Para o controle das gramíneas, entre os vários tipos de herbicidas existentes no mercado, o mais utilizado tem como princípio ativo o glifosato. Deve ser realizado de 15 a 20 dias antes do plantio, procurando evitar a sua aplicação em áreas sensíveis, como, por exemplo, muito próximas a cursos hídricos.

A dosagem deve ser revista conforme indicações do fabricante do herbicida e deve ser diluído em água bem limpa para que não ocorra alteração da molécula que pode se modificar facilmente na presença de partículas dissolvidas na água. O herbicida não deve ser aplicado quando estiver ventando para evitar deriva em indivíduos regenerantes ou mesmo mudas plantadas. Tão pouco deverá ser aplicado quando estiver chovendo e nem receber chuva durante cerca de 5 horas após a aplicação. Para evitar que o herbicida atinja a regeneração natural de espécies nativas, deve-se fazer o coroamento desses indivíduos antes da aplicação.



As diferentes espécies de gramíneas que se deseja eliminar, podem variar bastante em volume de massa vegetal, sendo que em muitos casos será necessário inicialmente diminuir a altura e volume dessa massa através de sua roçada, tornando mais eficiente a aplicação do herbicida após a rebrota.

Por outro lado, muitas vezes as gramíneas invasoras podem se encontrar num estado de baixo porte ou volume de massa vegetal seja pela espécie que se encontra no local ou até mesmo o pastoreio recente. Nesse caso, pode ser aplicado o herbicida diretamente, nas seguintes formas:

- a) **Pulverizador costal:** o aplicador caminha em linha reta pela área, aplicando o produto em faixas, utilizando para isso um pulverizador costal com capacidade de 20 litros ou pulverizadores de ultrabaixo volume. Essa modalidade de aplicação de herbicida é recomendada para locais com restrição à aplicação mecanizada, como áreas com média densidade de afloramento rochoso, declive mais acentuado ou com elevada densidade de indivíduos regenerantes de espécies nativas. Os pulverizadores de ultrabaixo volume têm uma série de vantagens como: não necessita de caminhões-pipa para transporte de água; o herbicida é usado puro sem erros na diluição, com maior rendimento e eficácia; menor risco de deriva; resistente às chuvas num intervalo de 2 a 3 horas após a aplicação. Pesa aproximadamente 2 kg abastecido, e é movido com 2 pilhas alcalinas que permitem o funcionamento durante aproximadamente 45 horas.
- b) **Trator com barra de pulverização:** esta operação consiste na aplicação do herbicida glifosato em área total por meio de um pulverizador de barra ajustada a cerca de 40 cm do solo, onde estão acoplados os bicos de dispersão. Este é acoplado a um trator de 80 HP ou com maior potência. Esta atividade é recomendada para áreas planas, com baixa densidade de afloramento rochoso e sem afloramento rochoso, ou pouco declivosas sem a presença de indivíduos arbóreos regenerantes.
- c) **Trator com mangueiras de pulverização:** para a realização desta atividade utiliza-se um trator de 80 HP (ou com potência superior) e um tanque pulverizador, onde são adaptadas quatro mangueiras ou mais para a realização da pulverização. Nesse caso, é necessário um operador para o trator e quatro ajudantes que fazem a aplicação. Esta forma de aplicação é recomendada para áreas com muita regeneração natural ou com alta declividade, onde o trator possa se deslocar e chegar até determinado ponto para soltar as mangueiras para os aplicadores.

### 3.3.3.3 CONTROLE DE FORMIGAS CORTADEIRAS

A herbivoria, principalmente por formigas cortadeiras, pode ser também um fator restritivo no estabelecimento de espécies (Nepstad et al., 1990; Camargo et al., 2002). Portanto, essa é uma atividade primordial para o sucesso do plantio, tendo influência marcante na sobrevivência e no desenvolvimento das mudas, em função da elevada capacidade de danos associados ao ataque das formigas dos gêneros *Atta* (saúvas) e *Acromyrmex* (quenquéns).



O método de controle será químico, realizado com iscas granuladas à base de Sulfluramida ou Fipronil, tendo normalmente bagaço de laranja como atrativo, podendo ser encontradas comercialmente nas formas granulada solta e granulada acondicionada (saquinhos de 10 gramas, conhecidos como MIPs – micro-porta-iscas), devendo ser distribuídas pela área para que as próprias formigas as levem para dentro do formigueiro. Trata-se do método mais utilizado atualmente no combate a formigas cortadeiras em florestas, tanto comerciais como nativas plantadas, devido à facilidade de aplicação, à baixa toxicidade e, principalmente, aos bons resultados de controle obtidos com a sua aplicação. A utilização dos MIPs apresenta um rendimento operacional maior e uma melhor ergonomia devido à forma de distribuição das iscas pela área (Foto 3-12).

A aplicação das iscas a granel pode ser realizada de duas formas: a) com um equipamento costal, onde o operador leva uma boa quantidade de formicida que cai já na quantidade desejada através de um dosador e; b) de forma manual, onde o aplicador precisa utilizar um embornal para carregar as iscas e um dosador para separar a quantidade de isca estabelecida e colocar a mesma no chão, tendo que se abaixar para isso. Nessa segunda forma de aplicação, o rendimento cai significativamente.



Foto 3-12: Controle de formigas cortadeiras, distribuição de MIP's pela área.

Existe também a possibilidade de aplicação de formicidas líquidos ou em pó, por meio de fumigadores diretamente nos “olheiros” dos formigueiros (Foto 3-13). São muito eficientes, mas os olheiros devem ser localizados em sua totalidade, não só na área de restauração, mas em todo seu entorno num raio de 100 metros.



Foto 3-13: Aplicação de formicida em pó diretamente no formigueiro.

