

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 N° 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
Mercurio*	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 da 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.

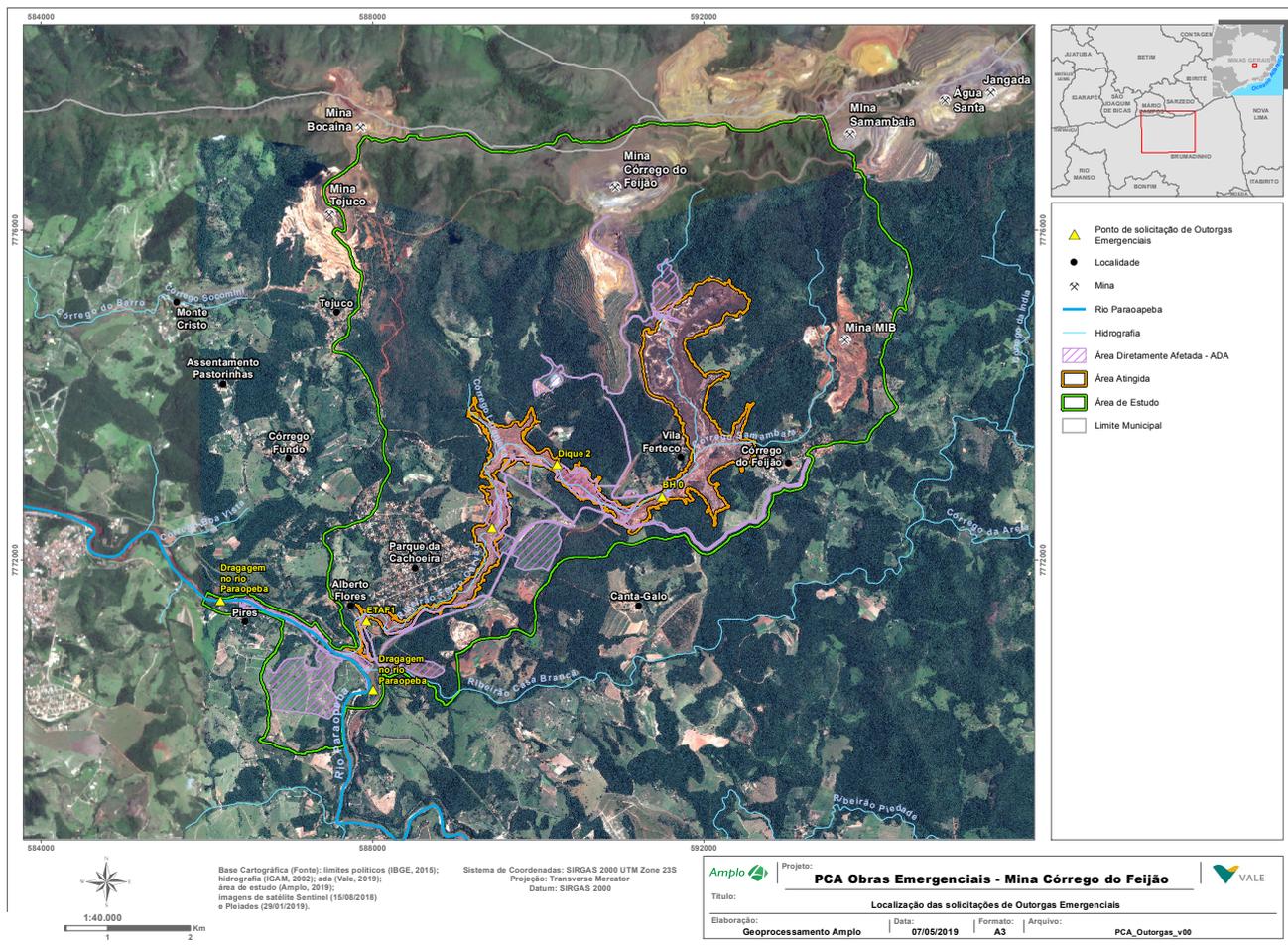
As medições de vazão residual deverão ser feitas a jusante das estruturas para as quais foram solicitadas outorgas emergenciais de uso da água, conforme apresentado na Tabela 2-18 e na Figura 2-15 apresentadas a seguir. A regularização destas outorgas, cujos prazos foram apresentados aqui até o momento 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
Captção 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	-	-	-	-





Assinado eletronicamente por: FABIANO DE CASTRO ROBALINHO CAVALCANTI - 24/05/2019 23:12:44
<https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=19052423124402900000069235586>
 Número do documento: 19052423124402900000069235586

Num. 70542117 - Pág. 1



Número do documento: 19061818274912900000071857962
<https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=19061818274912900000071857962>
 Assinado eletronicamente por: VINICIUS HENRIQUE CAMPOS DA COSTA - 18/06/2019 18:27:49

Num. 73167144 - Pág. 1

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: cotogramas, 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 1, 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



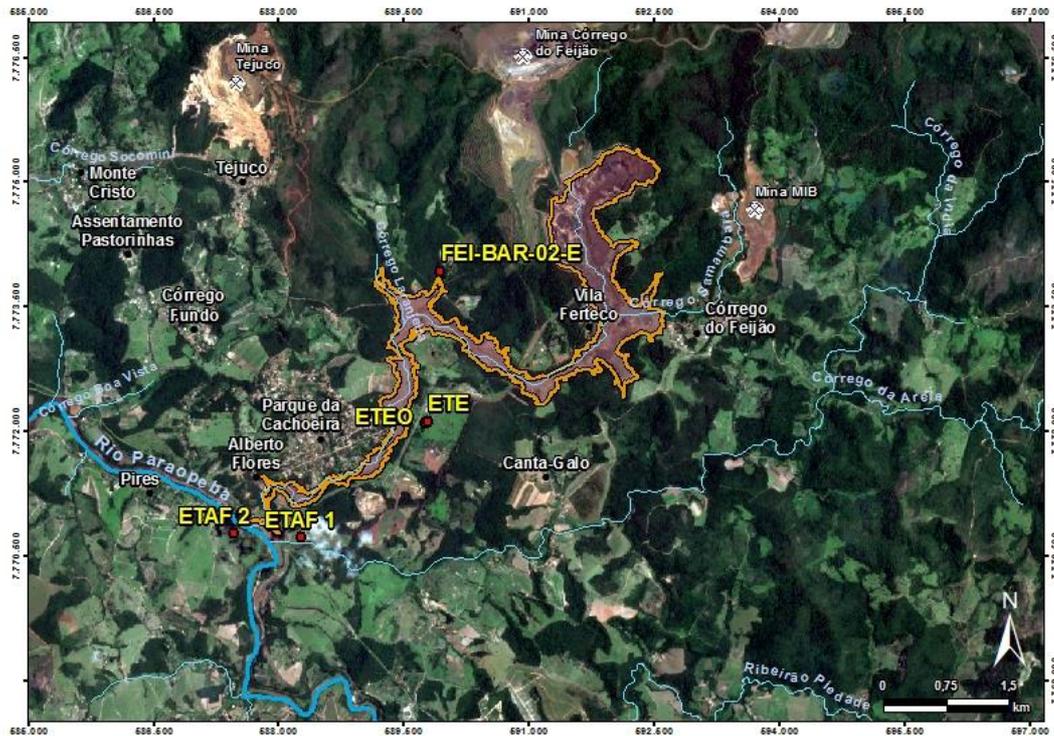


Figura 2-16: Pontos Monitoramento de Efluentes.

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.



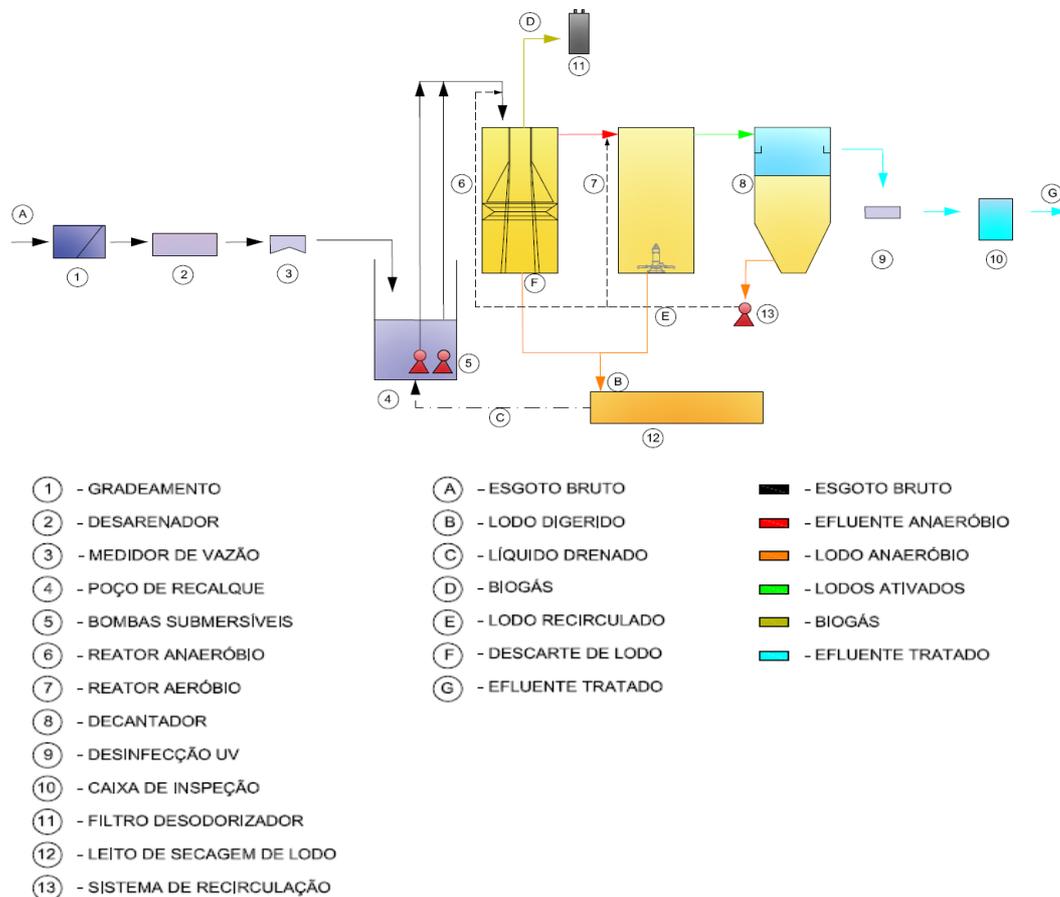


Figura 2-17: Fluxograma do Processo de Tratamento ETE.

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.



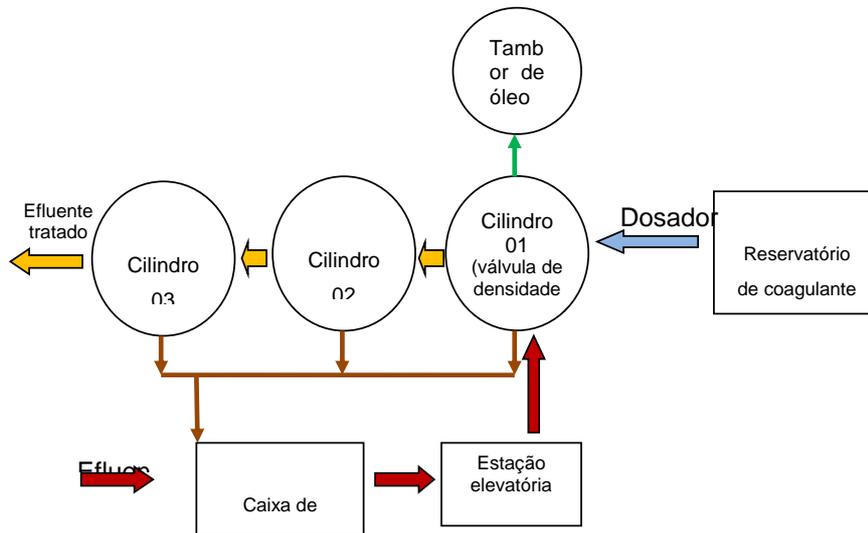


Figura 2-18: Fluxograma do Processo de Tratamento ETEO.

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 percolado 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.

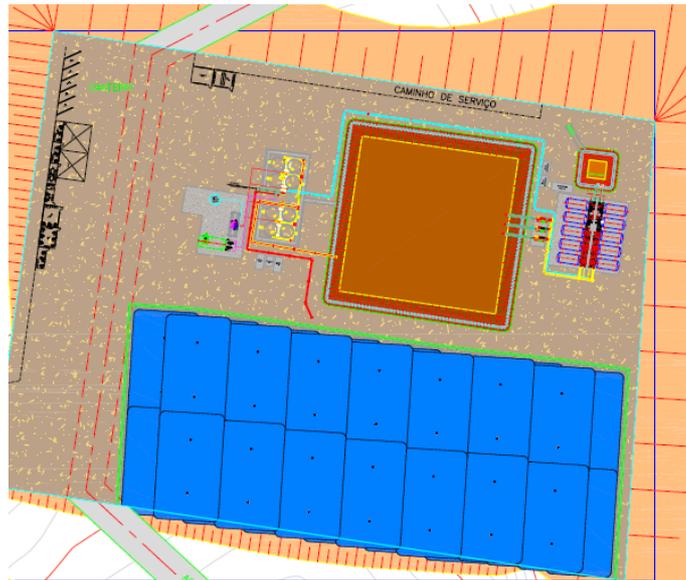


Figura 2-20: Layout geral da Estação de Tratamento ETAF 2.

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 Barragens 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.

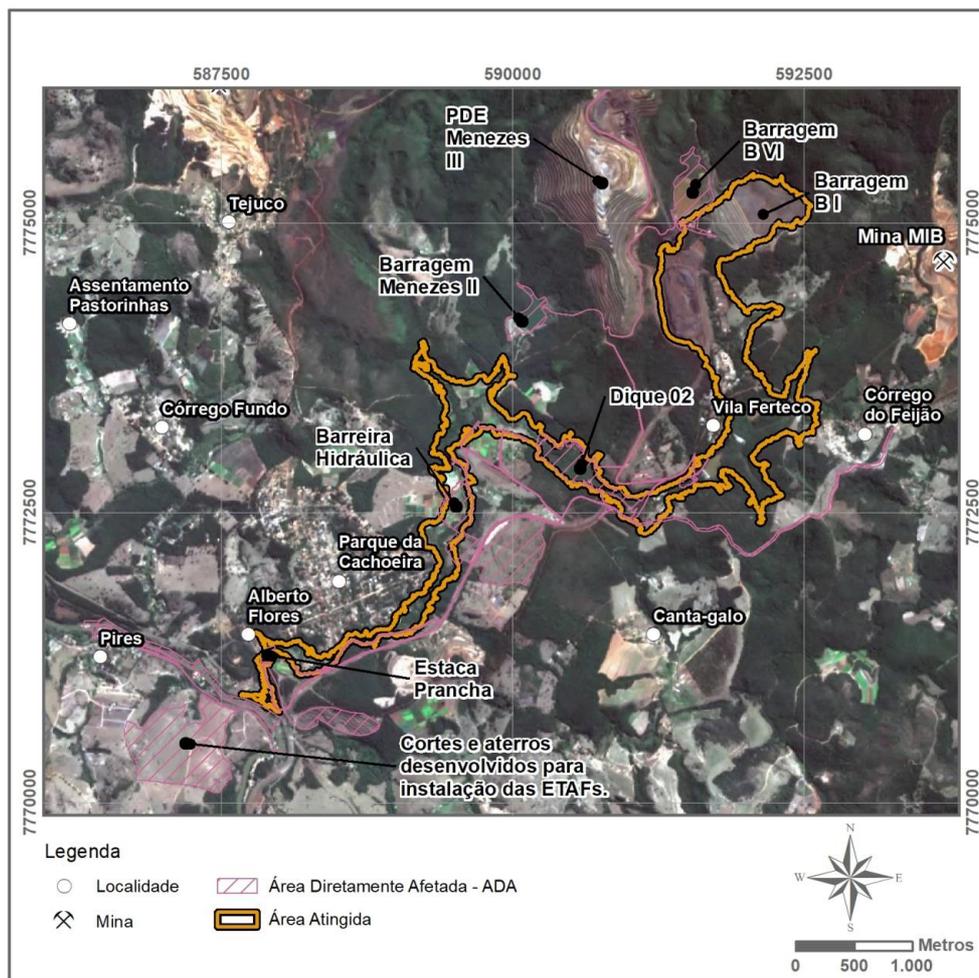


Figura 2-21: Estruturas alvo do Programa de Gestão de Estruturas Geotécnicas.



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.
Diique 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.



Assinado eletronicamente por: FABIANO DE CASTRO ROBALINHO CAVALCANTI - 24/05/2019 23:12:44
<https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=19052423124402900000069235586>
 Número do documento: 19052423124402900000069235586

Num. 70542117 - Pág. 22



Número do documento: 19061818274912900000071857962
<https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=19061818274912900000071857962>
 Assinado eletronicamente por: VINICIUS HENRIQUE CAMPOS DA COSTA - 18/06/2019 18:27:49

Num. 73167144 - Pág. 22

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 1.2- Anfíbios 1.3- Repteis squamata 1.4- Invertebrados terrestres 1.5- Plantas 1.6- Aves de interior de mata	Comunidade Comunidade Comunidade Comunidade Comunidade Comunidade	Ferro Carvão Ferro Carvão Ferro Carvão Ferro Carvão Ferro Carvão Ferro Carvão	20 pontos 20 pontos 20 pontos 20 pontos 20 pontos 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 4.2 - Macro invertebrados bentônicos 4.3 - insetos Aquáticos	Comunidade Comunidade Comunidade	Rio Paraopeba Rio Paraopeba Rio Paraopeba	13 pontos IGAM + pontos a montante 13 pontos IGA M + pontos a montante 13 pontos IGAM + pontos a montante
5- Efeito do rompimento sobre a funcionalidade do ecossistema (produtividade primária, ciclagem ..)	5.1- Invertebrados terrestres 5.2- Plantas terrestres	Processos ecológicos Processos ecológicos	Ferro Carvão Ferro Carvão	20 pontos 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 7.2- Plantas (a definir) 7.3- Pygochelidon melonoleuca	Espécie Espécie Espécie	Ferro Carvão Ferro Carvão Rio Paraopeba	6 sítios na bacia 6 sítios na bacia a definir
8- A recuperação da área afetada vai levar a um "novo ecossistema"?	8.1- Invertebrados terrestres 8.2- Plantas terrestres	Comunidade Comunidade	Ferro Carvão Ferro Carvão	6 sítios na bacia 6 sítios na bacia
9- Toxicidade e genotoxicidade	9.1- Aves aquáticas 9.2- Anfíbios 9.3- Capivara 9.4- Lontra 9.5- Pequenos roedores 9.6- invertebrados aquáticos	Espécie Espécie Espécie Espécie Espécie Espécie	Rio Paraopeba Ferro Carvão Rio Paraopeba Rio Paraopeba Ferro Carvão Rio Paraopeba	a definir a definir a definir a definir a definir 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 & Nigél, 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 & Nigél, 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, conseqüente 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), 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 1 - Principais mecanismos e vias de transporte dos contaminantes envolvidos na fitorremediação
Fonte: Adaptado de Pilon-Smits (2005)

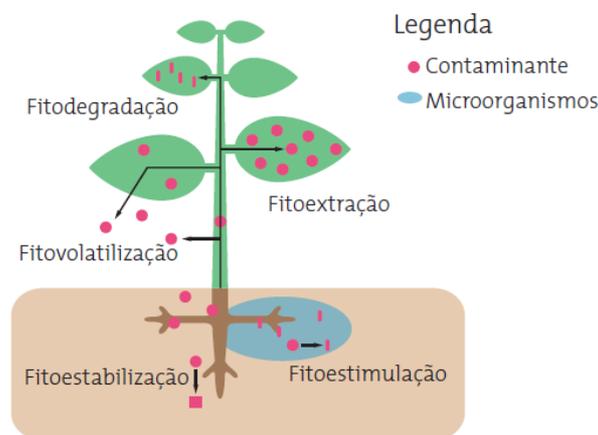


Figura 3-1: Diferentes categorias da fitorremediação. Fonte: Lima et al. (2014).

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 granulatum-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. schottiana* 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. granulatum-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 sepiaria*, *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 caesalpiniiifolia</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 ³	mg/dm ³	Ca	Mg	K	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn
						mg/dm ³				mg/dm ³			
	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



Assinado eletronicamente por: FABIANO DE CASTRO ROBALINHO CAVALCANTI - 24/05/2019 23:12:45
<https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=19052423124467200000069235587>
Número do documento: 19052423124467200000069235587

Num. 70542118 - Pág. 16



Número do documento: 19061818275000400000071857964
<https://pje.tjmg.jus.br:443/pje/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam?x=19061818275000400000071857964>
Assinado eletronicamente por: VINICIUS HENRIQUE CAMPOS DA COSTA - 18/06/2019 18:27:50

Num. 73167146 - Pág. 12

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.

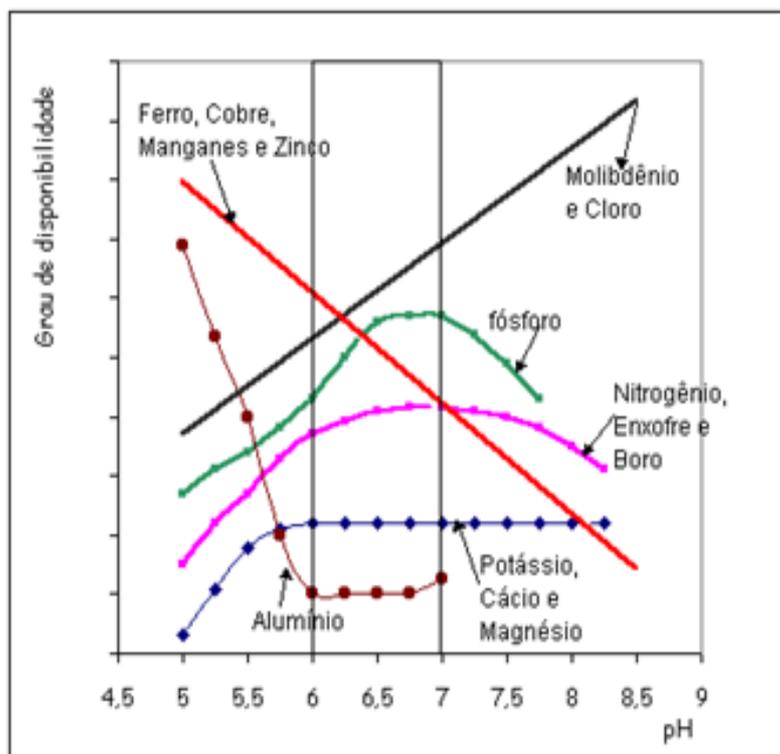


Figura 3-2: Disponibilidade de nutrientes em função do pH no solo.



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.



A aplicação de formicidas não deve ser realizada em dias chuvosos e as iscas não devem ser distribuídas sobre o solo úmido. Normalmente as aplicações seguem a seguinte sequência temporal:

- Controle inicial no pré-plantio: deve ser realizado 30 dias antes do plantio e de qualquer intervenção na área, realizando a aplicação de forma sistemática (10 gramas a cada 3,0 m x 10,0 m) pela área e direta junto aos olheiros quando encontrados (20 gramas por olheiro e 10 gramas por m² de terra solta em volta dos formigueiros).
- Controle no plantio: será realizado 5 a 7 dias antes do plantio e com um repasse logo após a implantação das mudas, sendo realizado da mesma forma que o combate anterior.
- Repasses de manutenção (pós-plantio): devem ser realizados até o segundo ano pós-plantio periodicamente para evitar a infestação. A cada 15 dias, nos primeiros 2 meses, e depois a cada 2 meses. Nessa fase, o controle deve ser realizado de forma sistemática (10 gramas/10 m²), somente nas vizinhanças das mudas cortadas e próximo aos olheiros (10 gramas/olheiro).

3.3.3.4 CONDUÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL

A condução da regeneração natural é um importante método de restauração da vegetação nativa em função do seu custo reduzido, por garantir um aporte de diversidade de espécies no local a ser reestruturado, com aproveitamento e preservação do patrimônio genético regional. É importante lembrar que, na prática, a condução da regeneração natural é obtida pelo controle periódico de competidores, por meio do coroamento dos indivíduos regenerantes. Uma ação que tem resultado em melhoria do desenvolvimento da regeneração natural é a adubação de cobertura do regenerante, decidida com base em parâmetros técnicos. Desta forma, fica claro que a regeneração deve ser tratada como se fosse um plantio de mudas, mas com custo bem inferior, já que não foi necessário produzir a muda e realizar o plantio.

3.3.3.5 ADENSAMENTO E ENRIQUECIMENTO

Considera-se como adensamento o preenchimento com mudas dos espaços vazios não ocupados pela regeneração natural, o que se dá pela introdução de novos indivíduos arbustivo-arbóreos de espécies do grupo de recobrimento, cuja densidade encontra-se abaixo do esperado. Esse procedimento é recomendado para suprir eventuais falhas da regeneração natural ou para o plantio em áreas de borda de fragmentos e grandes clareiras ou florestas em estágio inicial de sucessão, visando controlar a expansão de espécies agressivas mediante o sombreamento. O adensamento com mudas de espécies pioneiras e/ou secundárias iniciais também devem ser feito em casos onde a germinação do banco de sementes não recobriu a área de modo satisfatório para a proteção do solo, como em áreas sujeitas à erosão. Neste caso pode ser usado o espaçamento 3,0 x 3,0 m entre indivíduos de espécies pioneiras e/ou secundárias iniciais, ou, alternativamente, espaçamentos 3,0 x 2,0 m e 2,0 x 2,0 m, quando se pretende proporcionar maior adensamento.



Além da utilização destas espécies de crescimento rápido, também pode ser necessário fazer o plantio de enriquecimento na área. O enriquecimento representa a introdução de espécies dos estágios finais de sucessão e/ou das diversas formas de vida originais de cada formação que não foram encontradas entre os indivíduos remanescentes ou germinados do banco de sementes da área que está sendo recuperada. O enriquecimento pode ser feito com propágulos (sementes, plântulas, estacas etc.) oriundos de outros fragmentos de mesmo tipo florestal ocorrentes na região, visando a resgatar a diversidade genética.

A princípio, os indivíduos utilizados para enriquecimento serão introduzidos no espaçamento 6,0 x 3,0 m, totalizando 555 mudas por hectare, para enriquecimento de situações onde se encontram apenas espécies iniciais da sucessão ou onde a densidade destas espécies finais é muito baixa. Entretanto, outros espaçamentos poderão ser empregados a depender de cada situação, como, por exemplo, em função da maior ou menor densidade da regeneração natural observada nos locais. A Figura 3-3 ilustra o adensamento e o enriquecimento de espécies em uma área com presença de regeneração natural. No que se refere à escolha de espécies para adensamento devemos diferenciar as espécies usadas na borda dos fragmentos, que devem ser espécies de crescimento vigoroso que possuam copa frondosa e densa que sejam capazes de competir com espécies invasoras ou em desequilíbrio (capim, lianas).

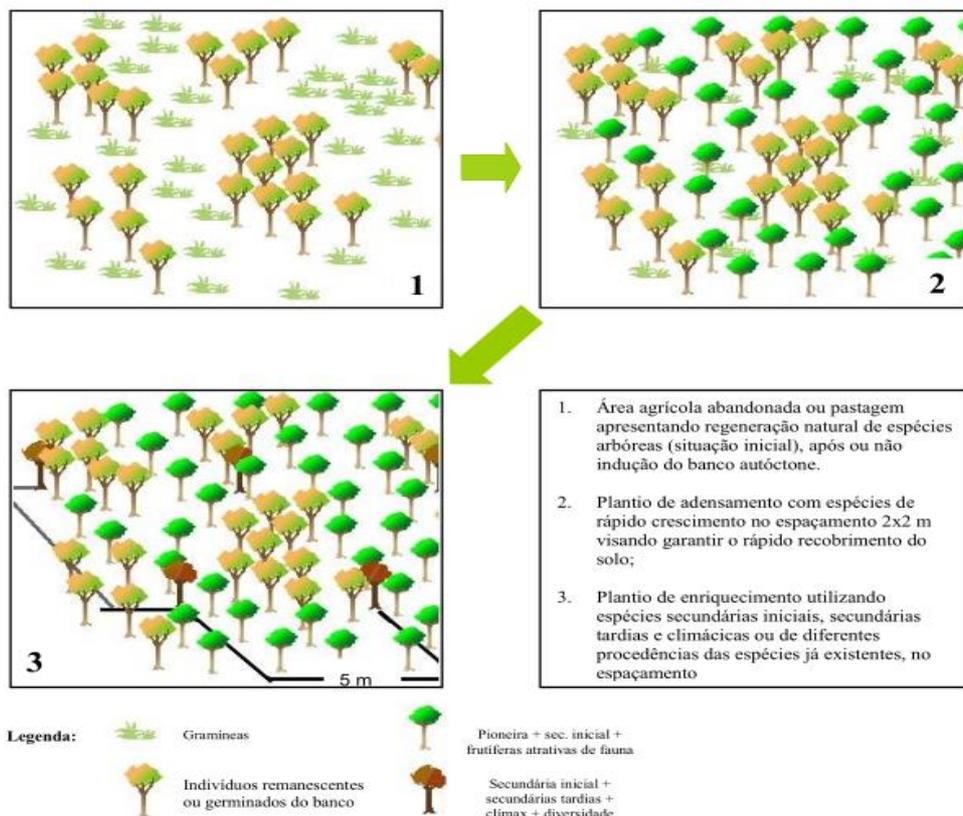


Figura 3-3: Desenho esquemático do plantio de adensamento com espécies pioneiras e secundárias iniciais usando espaçamento 2,0 x 2,0 m e com posterior plantio de enriquecimento com espécies tardias e climax usando espaçamento 3,0 x 6,0 m. (RODRIGUES et al., 2010).



3.3.3.6 ABERTURA DE BERÇOS (OU COVAS DE PLANTIO)

O preparo de solo para abertura das covas deverá ser realizado empregando, sempre que possível, técnica de cultivo mínimo, ou seja, que não envolva o revolvimento do solo na área total, bem como outras técnicas de conservação de solo, quando necessário.

A abertura das covas tem como objetivo principal a quebra da compactação e a melhoria da fertilidade do solo de forma localizada e, portanto, devendo estar sempre associada à adubação e a descompactação do solo, tanto em largura quanto em profundidade. São recomendadas covas de 30 cm de diâmetro por 50 cm de profundidade ou ainda 50 cm por 50 cm quando o solo / substrato apresentar camadas de impedimento significativas.

A forma mais eficiente de abertura de covas geralmente é o uso de motocoveadora, um equipamento leve, operado por apenas um trabalhador e de fácil manuseio. Possui uma trava de segurança que fornece baixo risco de acidentes para o usuário. O rendimento no campo é bastante alto chegando a fazer cerca de 800 covas/dia em solos não muito compactados. A utilização desse equipamento não é recomendada em solos úmidos e/ou que apresentam pedras, pois podem causar o espelhamento das covas ou danificar o equipamento, respectivamente. Em locais com presença de resíduos de palha no solo, pode ser necessária a abertura de coroas antes do coveamento para evitar o enovelamento da mesma (Foto 3-14). A broca é formada por várias hastes soldadas no eixo central que diminuem significativamente o risco de espelhamento das paredes laterais. Além disso, essas hastes não removem o solo da cova, mas deixam-na com uma estrutura adequada para a penetração das raízes. Esse equipamento tem a vantagem de poder ser usado em locais de baixa mecanização como terrenos declivosos e áreas com indivíduos regenerantes.



Foto 3-14: Aspecto de uma moto-coveadora (A) e abertura de cova com moto-coveadora (B).



Também podem ser abertas covetas, quando é utilizada a técnica de semeadura direta de plantio de adubos verdes em áreas de taludes, utilizando matraca, enxadão, enxada ou enxadinha de jardinagem. As covetas devem ter uma profundidade aproximada entre 05 cm e 10 cm e o espaçamento não superior a 20 cm, dispostas em quincôncio (Foto 3-15).



Foto 3-15: Acima, abertura de covetas. Abaixo, preparo de mix de adubo verde e semeadura direta de adubo verde, Fazenda Intermontes, ribeirão Grande, SP.

3.3.3.7 COROAMENTO

O coroamento consiste na remoção ou controle de toda e qualquer vegetação que existe em um raio de pelo menos 50 cm ao redor da muda ou indivíduo regenerante que se deseja conduzir, para evitar a competição por água, luz e nutrientes com a vegetação herbácea. Pode ser manual, quando realizado com enxada e no final da tarefa, a área da coroa deverá estar livre da vegetação capinada mantendo a matéria seca na coroa para proteção do solo, podendo reter umidade e também impedir o desenvolvimento de gramíneas exóticas invasoras. Pode ser química, quando se faz a aplicação de herbicida com a utilização de pulverizador costal. Esse herbicida pode tanto ser pós-emergente (glifosato) quanto pré-emergente que consegue prolongar bastante a ausência de plantas invasoras na coroa.

O coroamento químico é recomendado para indivíduos regenerantes ou mudas com porte maior (acima de 50 cm de altura), de forma a evitar o contato do herbicida com os mesmos. Preferencialmente, deve-se utilizar métodos anti-deriva, como o chapéu de Napoleão (estrutura plástica que envolve o bico do pulverizador) ou um bico especial para essa atividade (esses bicos geralmente distribuem a calda em gotas maiores e em jato dirigido, reduzindo a deriva do produto).



3.3.3.8 ADUBAÇÃO DE BASE

Toda atividade de adubação deve ser planejada a partir de análises prévias de solo. Dessa forma, podem-se diminuir os custos e proporcionar melhores resultados à prática. Para a adubação de base é recomendado a sua realização diretamente na cova quando da sua abertura ou no momento do plantio ou, alternativamente, mediante abertura de uma coveta lateral para cada muda, utilizando o equipamento matraca ou com um costal de aplicação. A coveta lateral é perfurada à uma distância de 10 cm da muda e a uma profundidade de 10 cm (Figura 3-4). Após a realização da coveta lateral adicionar a quantidade específica de nutrientes e fechá-la, facilitando o acesso das raízes das plantas aos nutrientes.

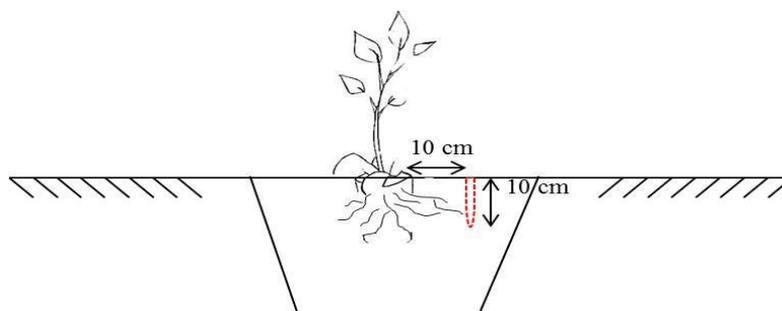


Figura 3-4: Esquema de realização de coveta lateral. Após a instalação da muda na cova e fechamento da mesma, perfurar a coveta lateral (tracejado vermelho) a uma distância de 10 cm da muda e a 10 cm de profundidade.

3.3.3.9 PREPARO DAS MUDAS EM VIVEIRO E PLANTIO

As mudas utilizadas deverão ser obtidas em viveiro idôneo e conter características de qualidade responsáveis por itens fundamentais para o sucesso da restauração florestal e o restabelecimento dos processos ecológicos na área restaurada, além do cumprimento da legislação, são eles:

- Diversidade de espécies: produção de pelo menos 80 espécies nativas (valor de referência em algumas legislações estaduais);
- Material genético oriundo de várias matrizes por espécie;
- Produção de mudas com parte aérea e raízes bem formadas em recipientes adequados;
- Mudas livres de pragas e doenças;
- Produtores de mudas registrados no Registro Nacional de Sementes e Mudanças;
- Cumprimento da legislação do Sistema Nacional de Sementes e Mudanças e Instrução Normativa MAPA nº 17, de 26 abril de 2017, que regulamenta a Produção, a Comercialização e a Utilização de Sementes e Mudanças de Espécies Florestais ou de Interesse Ambiental ou Medicinal, Nativas e Exóticas, visando garantir sua procedência, identidade e qualidade



Todas as mudas, antes do plantio, deverão ter suas raízes mergulhadas em uma solução de MAP 1,5% misturado com cupinícida, com o objetivo de aumentar o arranque inicial da planta e proteger as raízes de cupins. No plantio manual, após a retirada total do recipiente, a muda deve ser colocada no centro da cova, mantendo-se o torrão um pouco abaixo do solo (1 cm), o qual deve ser levemente compactado para evitar a formação de bolsão de ar próximo ao torrão da muda. A construção de uma pequena bacia ao redor da muda auxilia muito nos casos que haverá irrigação. Esse método é geralmente usado no plantio de mudas em saquinho, o qual não permite mecanização, causando um baixo rendimento e maior desconforto físico para o trabalhador quando comparado ao plantio com plantadeira.

Mudas de tubete também podem ser plantadas manualmente e geralmente isso é feito com o auxílio de um instrumento conhecido como “chucho” que é um tubete preso em um cabo de madeira ou cano de PVC. Esse “chucho” é usado para fazer um buraco nas dimensões aproximadas do torrão de um tubete.

Já a plantadeira manual consiste em um tubo com a ponta cônica que se abre quando acionado um gatilho. Na base desse tubo é adaptada uma vara de bambu para marcar a distância de plantio na linha entre as mudas. Esse equipamento proporciona uma melhor ergonomia de trabalho e um melhor rendimento da operação de plantio, já que não é necessário se agachar para efetuar o plantio da muda. Trabalhando em pé, a pessoa introduz no solo a ponta cônica do tubo e depois coloca a muda, já fora do tubete, dentro desse tubo.

Quando a mesma chega ao final do tubo, é acionado o gatilho que abrirá sua ponta cônica, deixando a muda já na profundidade ideal de plantio. Em seguida, deve realizar uma leve compactação ao redor da muda, fazendo pressão no solo ao redor da mesma com o pé (Foto 3-16: (A) Mudas já fora do tubete, (B) introdução da muda dentro do tubo da plantadora, (C) inserção da ponta do tubo no fundo da linha, liberando a muda e (D) compactação do solo ao redor da muda com o pé.). Tomar cuidado para não deixar parte do torrão exposto, evitando perda de água, o mesmo deve ser enterrado cerca de 1 a 2 cm. Todos os resíduos (sacos, tubetes, embalagens, etc.) gerados com essa atividade deverão ser recolhidos das áreas e destinados corretamente.





Foto 3-16: (A) Mudas já fora do tubete, (B) introdução da muda dentro do tubo da plantadora, (C) inserção da ponta do tubo no fundo da linha, liberando a muda e (D) compactação do solo ao redor da muda com o pé.

3.3.3.10 MODELO DE PLANTIO

O modelo de plantio a ser adotado será o denominado atualmente de plantio em linhas de recobrimento + diversidade (Gandolfi et al., 2009; Brancalion et al., 2009).

Na primeira etapa será feita a semeadura direta, através de um mix de espécies herbáceas com características de adubação verde (ver abaixo), associado a espécies arbustivas pioneiras com características atrativas de fauna, dentre outras. Pode ser considerado um preenchimento preliminar com espécies herbáceas e arbustivas, com um mix de espécies que tem o papel de fazer um recobrimento inicial mais rápido da área e, além disso, com efeitos positivos das leguminosas na fertilidade do solo, através do aumento do teor de matéria orgânica, da maior disponibilidade de nutrientes, a maior capacidade de troca de cátions efetiva, a diminuição dos teores de alumínio e a capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes (CALEGARI et al., 1995). Com esse mesmo propósito, pode-se considerar ainda a utilização de outras formas de propágulos de espécies nativas, tais como estacas e touceiras.

Na segunda etapa, após um ciclo de crescimento e produção de matéria orgânica das espécies leguminosas semeadas na primeira etapa, o sistema será enriquecido com linhas de diversidade que reúnem espécies nativas regionais arbóreas que têm comportamentos sucessionais distintos, principalmente secundárias iniciais, secundárias tardias e clímax.



3.3.3.10.1 ESPÉCIES PARA ADUBAÇÃO VERDE E REVEGETAÇÃO EMERGENCIAL

No caso de áreas degradadas, com horizonte superficial erodido, o primeiro grupo de plantas a ser inserido será o de herbáceas e subarbustivas de adubação verde. Esse grupo de plantas é tradicionalmente usado precedendo culturas agrícolas. No caso das áreas degradadas observadas, são recomendadas como pioneiras em condições de solo pouco fértil e condições físicas críticas (compactação, impermeabilização), preparando o substrato de modo físico e químico para o estabelecimento de espécies arbustivo-arbóreas em um momento posterior. As espécies de adubação verde contribuem para a descompactação do substrato, melhorando a aeração e a infiltração das águas pluviais, permitindo o estabelecimento da fauna de solo (minhocas e outros animais) e melhorando a fertilidade, além de reter as partículas do solo / substrato evitando erosão e assoreamento, um serviço ambiental muito importante nessa etapa.

É recomendado o uso de uma combinação de espécies na área a ser restaurada, uma vez que a adaptação deficiente de algumas espécies às condições locais pode ser compensada por outras, mantendo uma cobertura vegetal satisfatória em uma fase importante do processo de recuperação da área, com rápida ocupação por plantas pioneiras, promovendo a proteção do solo contra processos erosivos ou a inibição do crescimento de gramíneas exóticas competidoras.

A partir do estabelecimento da cobertura de adubação verde, outros benefícios se agregam, como é o caso da proteção do solo contra a erosão e ao dessecamento da superfície pela radiação solar, possibilitando conservação da estrutura do solo e permitindo melhor desenvolvimento das plantas.

As espécies de adubação verde serão estabelecidas em geral por semeadura, com poucas exceções. A época do ano mais adequada para o estabelecimento das espécies de adubo verde é a de melhor disponibilidade de água. No caso das áreas afetadas pelos rejeitos é recomendado que seja usada uma composição de espécies como adubos verdes formando um mix de sementes (Tabela 3-8), que tem em comum a tolerância a baixos níveis de fertilidade ou a altos teores de alumínio, ou então a capacidade de se desenvolverem em solos compactados ou mal drenados. Em todo caso, um preparo prévio do solo com calagem é sempre recomendável, observando a análise prévia do solo / substrato, uma vez que mesmo espécies tolerantes a solos nutricionalmente muito pobres requerem uma faixa de pH mínima para expressarem seu potencial de ocupação do terreno.

Tabela 3-8 - Espécies recomendadas para cobertura inicial como adubação verde em solos degradados ou para revegetação emergencial.

Nome científico	Hábito	Quantidade (kg/ha)
<i>Crotalaria juncea</i>	Arbustiva ereto	30
<i>Crotalaria spectabilis</i>	Arbustivo ereto	30
<i>Cajanus cajan</i>	Arbustivo	15
<i>Pennisetum setosum</i>	Herbáceo / Erva	20
<i>Lolium multiflorum</i>	Herbáceo	25
<i>Pennisetum glaucum</i>	Toucera ereta	50



Nome científico	Hábito	Quantidade (kg/ha)
<i>Avena spp.</i>	Prostrado ereto	45
<i>Raphanus sativus</i>	Herbáceo ereto	15
<i>Altemanthera tenella</i>	Herbáceo	25
<i>Canavalia ensiformis</i>	Herbáceo rasteiro, trepador	25
<i>Stylosanthes campogrande</i>	Herbáceo cespitoso	10
<i>Stylosanthes guianensis cultivar BRS Bela</i>	Herbáceo cespitoso	10
Total		300

É importante salientar que a lista é uma recomendação, podendo ser utilizadas outras espécies com características semelhantes, de acordo com a disponibilidade de sementes na região. Um exemplo do potencial de adubação verde pode ser citado: *Stylosanthes campogrande* é um cultivar da Embrapa, obtido a partir de espécies nativas de cerrado (*S. capitata* vs *S. macrocephala*), com alta produtividade e eficiência. Em plantios puros, a capacidade de fixar nitrogênio chega a quase 180 kg/ha/ano (Fernandes et al., 2005) e a produção de matéria seca chega a mais de 12 t/ha/ano (Andrade et al., 2010), valores semelhantes do produzido pelo *Stylosanthes* cultivar Bela.

A semeadura a lanço destas espécies é possível onde a disponibilidade de sementes é grande e onde o substrato tem condições de reter as sementes, em solo não compactado e com algum grau de cobertura vegetal herbácea. Caso essa cobertura seja representada por gramíneas que irão sofrer controle (p.e. braquiária) essas herbáceas competidoras podem sofrer uma roçada, formando uma cobertura morta sobre as sementes, resultando em ambiente propício para a germinação do adubo verde. Já nos casos onde a disponibilidade de sementes é escassa ou onde o substrato é desprovido de vegetação, é exigida a semeadura em covetas ou linhas para que as sementes sejam mantidas no solo em condições de proteção contra o dessecamento e perdas pelo escoamento superficial de águas até a germinação. De modo geral, recomenda-se de 2-3 cm de profundidade de semeadura, o que permite atender à condição de semeadura com uma composição de diferentes espécies. A quantidade de semeadura deve seguir a recomendação do fornecedor, em função da estimativa de germinação.

Adicionalmente, a semeadura (ou hidrossemeadura) de espécies herbáceo-arbustivas poderá ser realizada emergencialmente, com o objetivo de recobrir / proteger as áreas impactadas, com ou sem rejeito, que ainda não foram liberadas ou desimpedidas por motivos de força maior (Obras Emergenciais, manejo dos rejeitos, demanda de autoridades etc.) para serem restauradas, definitivamente.

Além do proteger as superfícies expostas contra erosão, tanto hídrica quanto eólica (principalmente na estação seca), a revegetação em caráter emergencial não é incompatível com a restauração definitiva das áreas, pelo contrário, irá auxiliá-la, como por exemplo, aumentando a produção primária líquida (biomassa / matéria orgânica), promovendo a fixação biológica de nitrogênio, aumentando atividade microbiana no solo / substrato, ciclagem de nutrientes, dentre outros benefícios.



3.3.3.10.2 INOCULAÇÃO DE ESTIRPES DE *RHIZOBIUM* E FUNGOS MICORRIZICOS

As espécies leguminosas da adubação verde, além de boas produtoras de biomassa, têm ainda a capacidade de incorporar mais nutrientes no processo de ciclagem. Isso é normalmente obtido por meio da associação simbiótica entre estas plantas e microrganismos, principalmente pela interação com rizóbios, bactérias que fixam nitrogênio (Franco & Faria, 1997; Sprent, 2001; Lammel et al., 2007), e com fungos micorrizicos, que contribuem decisivamente para absorção de fósforo (Siqueira et al., 1998).

A importância dessas associações tem sido verificada com mais frequência em ambientes altamente degradados, principalmente áreas de mineração. Entretanto, mesmo em ambientes não tão alterados, a incorporação e a ciclagem de nutrientes por meio de associações simbióticas exercem influência fundamental no desenvolvimento e manutenção da comunidade vegetal em áreas em processo de recuperação (Siddique, 2008, citado por Brancalion et al., 2009).

Dessa forma, antes da semeadura, as sementes devem ser inoculadas com bactérias e fungos apropriados, denominadas estirpes selecionadas. Existem no mercado estirpes que compõe o inoculante para diversas espécies, portanto devem ser usadas estirpes específicas para cada espécie de leguminosa em questão.

3.3.3.10.3 ESPÉCIES DO GRUPO DE RECOBRIMENTO

Nas áreas onde se deseja recobrir rapidamente o solo, deverá ser adotada a etapa de implantação de espécies do grupo de recobrimento. A estratégia recomendada nesses casos é o plantio de mudas escalonado em área total, onde são realizadas combinações de espécies em grupos de plantio, plantadas em tempo diferentes. Neste momento, serão implantadas apenas as espécies de recobrimento, porém as espécies do grupo da diversidade deverão ser implantadas em um segundo momento, de acordo com as orientações descritas no item de Enriquecimento.

É importante ressaltar que a quantidade de mudas em cada um dos grupos deve ser o mais igualmente distribuído entre as espécies, a fim de evitar o plantio de muitas mudas de poucas espécies. Além disso, esse processo deve ser feito de maneira que as mudas de mesma espécie não sejam plantadas lado a lado ou muito próximas entre si, nem muito distantes a ponto de proporcionar o isolamento reprodutivo destas. O ideal é que elas já saiam do viveiro na forma de "mix" (mistura), ou seja, contendo as espécies de cada grupo separadamente, mas sendo muito bem misturadas dentro de cada grupo.

A metodologia de plantio de mudas de recobrimento deve estar integrada ao plantio de espécies de adubo verde, o qual deve acontecer nas entrelinhas do recobrimento por meio de semeadura direta. O adubo verde tem como principal função controlar a infestação de gramíneas exóticas agressivas durante os primeiros anos após a implantação do projeto, função essa substituída pelas espécies do recobrimento nos anos posteriores.

Desse modo, o adubo verde irá criar um ambiente adequado para o desenvolvimento das espécies nativas, promovendo o rápido e efetivo sombreamento da área de plantio logo no



primeiro ano, o que irá reduzir muito os custos com a manutenção e retirada de gramíneas invasoras. Essa adubação verde pode ser substituída por capina mecânica ou química ou não ser usada nos casos de baixa infestação de gramíneas.

Assim, inicia-se com a sementeira do grupo de espécies de adubo verde, com o espaçamento de 1,0 m entre as linhas, e o plantio de mudas do grupo de espécies de recobrimento a cada 3,0 m, gerando cerca de 1.111 indivíduos em média do grupo de recobrimento por hectare. Este espaçamento possibilita um maior e mais rápido sombreamento do solo diminuindo os gastos com manutenção e o controle de competidores (Figura 3-5). As 12 principais espécies selecionadas para recobrimento na área são: *Trema micranta*, *Alchornea triplinervia*, *Croton floribundus*, *Croton urucurana*, *Bauhinia forficata*, *Inga edulis*, *Inga sessilis*, *Inga vera*, *Senna multijuga*, *Apeiba tibourbou*, *Guazuma ulmifolia*, *Solanum mauritianum*. A maior parte das espécies de adubo verde escolhidas tem o ciclo de vida curto e entre o primeiro e quarto ano já apresentam senescência (morte) cedendo espaço às espécies de recobrimento que irão sombrear a área (Figura 3-6).

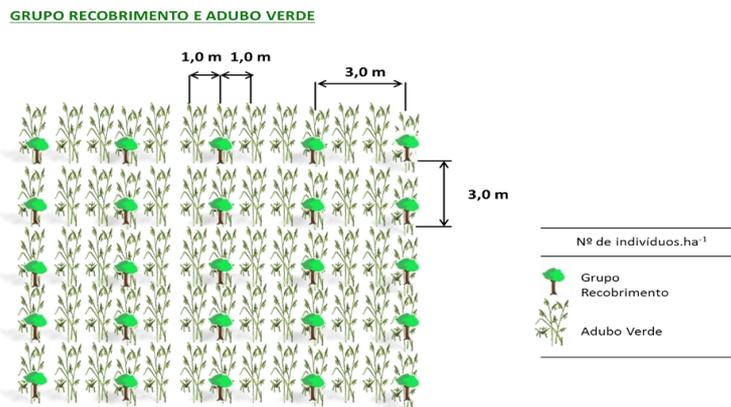


Figura 3-5: Desenvolvimento e crescimento do adubo verde e espécies de recobrimento, realizando a função de recobrir rapidamente a área de restauração.

Senescência das espécies de Adubo Verde e crescimento do Grupo de Recobrimento

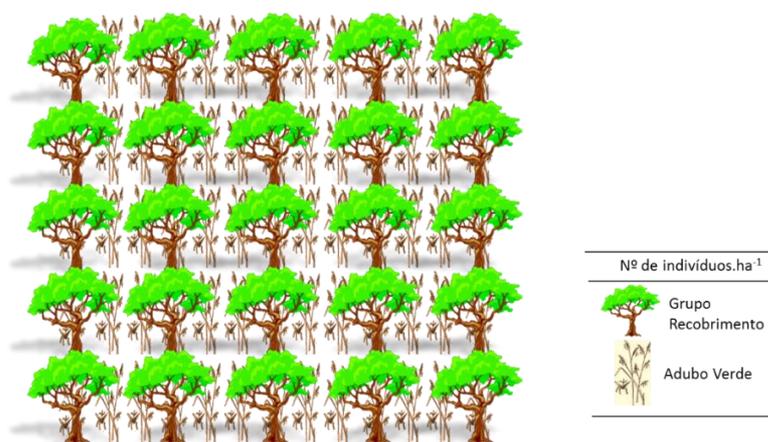


Figura 3-6: Senescência das espécies de adubo verde, que não toleram sombreamento e tem ciclo curto de vida, estabelecimento e crescimento das espécies de recobrimento artificial.



3.3.3.10.4 ESPÉCIES DO GRUPO DE DIVERSIDADE

Partindo-se de uma estrutura florestal já estabelecida, torna-se necessário realizar o enriquecimento da área em processo de restauração. O enriquecimento artificial pode ser iniciado quando a área estiver com mais de 50% de cobertura ou sombreamento das espécies arbóreas, geralmente entre o primeiro e terceiro ano depois da implantação (dependendo das condições de solo), com a introdução das espécies do grupo da diversidade, compondo assim unidades sucessionais que resultarão na gradual substituição de espécies dos diferentes grupos ecológicos no tempo, caracterizando o processo de sucessão.

No grupo de diversidade incluem-se todas as espécies regionais que não possuem rápido crescimento e boa cobertura de copa, mas são fundamentais para garantir a perpetuação da área plantada, já que é esse grupo que vai gradualmente substituir o grupo de recobrimento quando este entrar em senescência (final do ciclo de vida), ocupando definitivamente a área. São apresentadas mais de 360 espécies que podem compor o grupo de diversidade (Tabela 3-9), incluindo as de fitorremediação e várias espécies arbustivas. A diversidade mínima recomendada neste grupo é de 70 espécies, de acordo com a disponibilidade em viveiros. Na lista de espécies estão recomendadas diversas espécies ameaçadas de extinção ou imunes de corte, inclusive aquelas que estão presentes nas áreas que serão suprimidas para implantação das Obras Emergenciais. Outras espécies não listadas podem ser usadas em substituição desde que sejam de ocorrência natural nas florestas da região. Com o passar do tempo, e se for apontado pelo monitoramento, podem ser incluídas outras formas de vida não arbóreas, como as lianas, epífitas, etc.

Nesse contexto, as espécies de diversidade introduzidas na área representam o futuro dossel da floresta, e têm grande importância para a manutenção de um ambiente florestal, a criação de micro-habitat, a oferta de alimentos para a fauna, a atração de dispersores e a chegada de novas espécies, contribuindo para a regeneração natural.

No plantio de enriquecimento, em decorrência de já haver a presença de vegetação, com formação de dossel, o espaçamento de plantio tende a ser mais amplo, podendo ser utilizado o exemplo de 6,0 x 3,0 m, nas entrelinhas dos indivíduos do grupo de recobrimento, o que somaria uma média de 555 indivíduos por hectare. A Figura 3-7 mostra o enriquecimento em uma área de recobrimento com mudas.



MÓDULO DE IMPLANTAÇÃO DO GRUPO DE DIVERSIDADE

Tempo = 12 meses após implantação

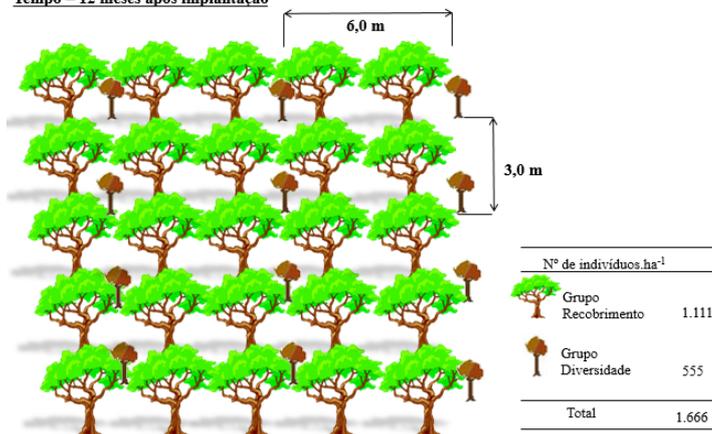


Figura 3-7: Plantio de enriquecimento com o grupo de diversidade no tempo de 1 a 2 anos após a implantação, em espaçamento de 6,0 x 3,0m.

Com os espaçamentos estimados para os grupos de recobrimento (1111 mudas/ha) e diversidade (555 mudas/ha), as quantidades de mudas podem ser estimadas. Por exemplo, para a área de 285 ha coberta por rejeitos existe a necessidade de aproximadamente 474 mil mudas, sendo aproximadamente 316 mil para recobrimento e 158 mil para diversidade. Considerando o uso de 10 espécies de recobrimento, resulta em aproximadamente 31,6 mil mudas por espécie. Para 70 espécies de diversidade, resulta em aproximadamente 2,26 mil mudas por espécie, sem contar com o replantio. Estas quantidades de mudas devem ser escalonadas para plantio de acordo com o cronograma de liberação das áreas pelas instituições envolvidas.

Apesar da recomendação e referências expostas acima, não se descarta a possibilidade de realização do plantio simultâneo de mudas (espécies) de ambos os grupos funcionais (recobrimento e diversidade) e do emprego de outros arranjos espaciais e espaçamentos entre mudas / espécies, levando em consideração as características locais, aspectos logístico-operacionais, custos e resultados esperados. A adoção de outros modelos de restauração serão previamente comunicados e registrados.

Tabela 3-9: Lista de espécies nativas regionais indicadas para a restauração florestal de áreas degradadas na bacia do Ribeirão Ferro-Carvão, Brumadinho, MG, onde: GP é o grupo de plantio, D a diversidade e R o recobrimento. Os status de ameaça são segundo IUCN (1), MMA (2) e Biodiversitas (3).

Família	Espécie	GP	1	2	3
Achariaceae	<i>Carpotroche brasiliensis</i> (Raddi) A Gray	D	-	-	-
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	D	LC	-	-
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	D	LC	-	-
Anacardiaceae	<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	D	-	-	-
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	D	-	-	-
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	D	-	-	-
Anacardiaceae	<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D.Mitch.	D	-	-	-
Annonaceae	<i>Annona cacans</i> Warm.	D	LC	-	-



Família	Espécie	GP	1	2	3
Annonaceae	<i>Annona dolabripetala</i> Raddi	D	-	-	-
Annonaceae	<i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil.	D	-	-	-
Annonaceae	<i>Duguetia lanceolata</i> A.St.-Hil.	D	LC	-	-
Annonaceae	<i>Guatteria australis</i> A.St.-Hil.	D	LC	-	-
Annonaceae	<i>Guatteria sellowiana</i> Schlttdl.	D	LC	-	-
Annonaceae	<i>Guatteria villosissima</i> A.St.-Hil.	D	LC	-	-
Annonaceae	<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	D	NT	-	-
Annonaceae	<i>Xylopia sericea</i> A.St.-Hil.	D	-	-	-
Apocynaceae	<i>Aspidosperma australe</i> Mull.Arg.	D	LC	-	-
Apocynaceae	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Mull.Arg.	D	LC	-	-
Apocynaceae	<i>Aspidosperma olivaceum</i> Mull.Arg.	D	-	-	-
Apocynaceae	<i>Aspidosperma parvifolium</i> A.DC.	D	-	-	-
Apocynaceae	<i>Aspidosperma polyneuron</i> Mull.Arg.	D	NT	-	-
Apocynaceae	<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.	D	-	-	-
Aquifoliaceae	<i>Ilex affinis</i> Gardner	D	-	-	-
Aquifoliaceae	<i>Ilex cerasifolia</i> Reissek	D	-	-	-
Aquifoliaceae	<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek	D	-	-	-
Araliaceae	<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.	D	LC	-	-
Araliaceae	<i>Schefflera calva</i> (Cham.) Frodin & Fiaschi	D	LC	-	-
Araliaceae	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	D	-	-	-
Arecaceae	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	D	-	-	-
Arecaceae	<i>Euterpe edulis</i> Mart.	D	VU	VU	VU
Arecaceae	<i>Geonoma schottiana</i> Mart.	D	LC	-	-
Arecaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	D	LC	-	-
Asteraceae	<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	D	-	-	-
Asteraceae	<i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) MacLeish	D	-	-	-
Asteraceae	<i>Moquiniastrum polymorphum</i> (Less.) G. Sancho	D	-	-	-
Asteraceae	<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker	D	-	-	-
Asteraceae	<i>Piptocarpha macropoda</i> (DC.) Baker	D	-	-	-
Asteraceae	<i>Vernonanthura divaricata</i> (Spreng.) H.Rob.	D	-	-	-
Bignoniaceae	<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	D	-	-	-
Bignoniaceae	<i>Handroanthus albus</i> (Cham.) Mattos	D	LC	-	-
Bignoniaceae	<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	D	-	-	-
Bignoniaceae	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	D	LC	-	-
Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	D	-	-	-
Bignoniaceae	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	D	-	-	-
Bignoniaceae	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	D	-	-	-
Bignoniaceae	<i>Handroanthus vellosi</i> (Toledo) Mattos	D	-	-	-
Bignoniaceae	<i>Jacaranda macrantha</i> Cham.	D	LC	-	-
Bignoniaceae	<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	D	-	-	-
Bignoniaceae	<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	D	LC	-	-
Bignoniaceae	<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) K.Schum.	D	-	-	-
Bignoniaceae	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	D	-	-	-
Bignoniaceae	<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl.	D	VU	VU	-
Boraginaceae	<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	D	-	-	-
Boraginaceae	<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	D	-	-	-



Família	Espécie	GP	1	2	3
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	D	-	-	-
Burseraceae	<i>Protium brasiliense</i> (Spreng.) Engl.	D	-	-	-
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	D	-	-	-
Burseraceae	<i>Protium warmingianum</i> Marchand	D	-	-	-
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	D	-	-	-
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera altissima</i> Saddi	D	-	-	-
Cannabaceae	<i>Celtis brasiliensis</i> (Gardner) Planch.	D	-	-	-
Cannabaceae	<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	D	-	-	-
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	R	-	-	-
Celastraceae	<i>Cheiloclinium cognatum</i> (Miers) A.C.Sm.	D	-	-	-
Celastraceae	<i>Monteverdia aquifolia</i> (Mart.) Biral	D	-	-	-
Celastraceae	<i>Monteverdia evonymoides</i> (Reissek) Biral	D	-	-	-
Celastraceae	<i>Monteverdia floribunda</i> (Reissek) Biral	D	-	-	-
Celastraceae	<i>Monteverdia gonoclada</i> (Mart.) Biral	D	-	-	-
Celastraceae	<i>Salacia elliptica</i> (Mart.) G.Don	D	-	-	-
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum brasiliense</i> Mart. ex Miq.	D	-	-	-
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.	D	-	-	-
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella hebeclada</i> Moric. ex DC.	D	-	-	-
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella triandra</i> Sw.	D	-	-	-
Chrysobalanaceae	<i>Licania kunthiana</i> Hook.f.	D	-	-	-
Chrysobalanaceae	<i>Licania octandra</i> (Hoffmanns. ex Roem. & Schult.) Kuntze	D	-	-	-
Clethraceae	<i>Clethra scabra</i> Pers.	D	LC	-	-
Clusiaceae	<i>Garcinia gardneriana</i> (Planch. & Triana) Zappi	D	-	-	-
Clusiaceae	<i>Tovomitopsis paniculata</i> (Spreng.) Planch. & Triana	D	-	-	-
Combretaceae	<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	D	-	-	-
Cunoniaceae	<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	D	-	-	-
Dichapetalaceae	<i>Stephanopodium engleri</i> Baill.	D	EN	EN	VU
Ebenaceae	<i>Diospyros inconstans</i> Jacq.	D	LC	-	-
Ebenaceae	<i>Diospyros ketun</i> B.Walln.	D	-	-	-
Ebenaceae	<i>Diospyros lasiocalyx</i> (Mart.) B.Walln.	D	-	-	-
Elaeocarpaceae	<i>Sloanea hirsuta</i> (Schott) Planch. ex Benth.	D	LC	-	-
Elaeocarpaceae	<i>Sloanea lasiocoma</i> K.Schum.	D	-	-	-
Erythroxyloideae	<i>Erythroxyllum cuneifolium</i> (Mart.) O.E.Schulz	D	-	-	-
Euphorbiaceae	<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Mull.Arg.	D	-	-	-
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	D	-	-	-
Euphorbiaceae	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Mull.Arg.	R	-	-	-
Euphorbiaceae	<i>Aparisthium cordatum</i> (A.Juss.) Baill.	D	-	-	-
Euphorbiaceae	<i>Croton echinocarpus</i> Mull.Arg.	D	-	-	-
Euphorbiaceae	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	R	-	-	-
Euphorbiaceae	<i>Croton urucurana</i> Baill.	R	-	-	-
Euphorbiaceae	<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	D	-	-	-
Euphorbiaceae	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	D	-	-	-
Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip ex Record	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	D	-	-	-



Família	Espécie	GP	1	2	3
Fabaceae	<i>Andira anthelmia</i> (Vell.) Benth.	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	D	VU	VU	-
Fabaceae	<i>Bauhinia forficata</i> Link	R	-	-	-
Fabaceae	<i>Bauhinia longifolia</i> (Bong.) Steud.	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Bauhinia pulchella</i> Benth.	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	D	NT	-	-
Fabaceae	<i>Cassia ferruginea</i> (Schrad.) Schrad. ex DC.	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Dalbergia brasiliensis</i> Vogel	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	D	VU	VU	VU
Fabaceae	<i>Dalbergia villosa</i> (Benth.) Benth.	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Deguelia costata</i> (Benth.) A.M.G.Azevedo & R.A.Camargo	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Erythrina falcata</i> Benth.	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Erythrina speciosa</i> Andrews	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Erythrina verna</i> Vell.	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	D	LC	-	-
Fabaceae	<i>Inga edulis</i> Mart.	R	-	-	-
Fabaceae	<i>Inga marginata</i> Willd.	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	R	-	-	-
Fabaceae	<i>Inga subnuda</i> Salzm. ex Benth.	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Inga vera</i> Willd.	R	-	-	-
Fabaceae	<i>Inga vulpina</i> Mart. ex Benth.	D	-	-	VU
Fabaceae	<i>Leucochloron incuriale</i> (Vell.) Barneby & J.W.Grimes	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.) A.M.G.Azevedo & H.C.Lima	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellfeld	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth.	D	LC	-	-
Fabaceae	<i>Machaerium scleroxylon</i> Tul.	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Machaerium stipitatum</i> Vogel	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Machaerium villosum</i> Vogel	D	LC	-	-
Fabaceae	<i>Melanoxylon brauna</i> Schott	D	VU	VU	VU
Fabaceae	<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	D	LC	-	-
Fabaceae	<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	D	LC	-	-
Fabaceae	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	D	LC	-	-
Fabaceae	<i>Platycyamus regnellii</i> Benth.	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Platypodium elegans</i> Vogel	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	R	-	-	-



Família	Espécie	GP	1	2	3
Fabaceae	<i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S.Irwin & Barneby	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Swartzia apetala</i> Raddi	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Swartzia multijuga</i> Vogel	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Swartzia pilulifera</i> Benth.	D	-	-	-
Fabaceae	<i>Tachigali rugosa</i> (Mart. ex Benth.) Zarucchi & Pipoly	D	NT	-	-
Fabaceae	<i>Zollernia ilicifolia</i> (Brongn.) Vogel	D	-	-	-
Humiriaceae	<i>Sacoglottis mattogrossensis</i> Malme	D	-	-	-
Hypericaceae	<i>Vismia brasiliensis</i> Choisy	D	-	-	-
Hypericaceae	<i>Vismia magnoliifolia</i> Cham. & Schtdl.	D	-	-	-
Hypericaceae	<i>Vismia parviflora</i> Cham. & Schtdl.	D	-	-	-
Lamiaceae	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	D	-	-	-
Lamiaceae	<i>Aegiphila obducta</i> Vell.	D	-	-	-
Lamiaceae	<i>Hyptidendron asperrimum</i> (Spreng.) Harley	D	LC	-	-
Lamiaceae	<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	D	-	-	-
Lamiaceae	<i>Vitex polygama</i> Cham.	D	-	-	-
Lamiaceae	<i>Vitex sellowiana</i> Cham.	D	-	-	-
Lauraceae	<i>Aniba firmula</i> (Nees & Mart.) Mez	D	-	-	-
Lauraceae	<i>Cryptocarya saligna</i> Mez	D	-	-	-
Lauraceae	<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F.Macbr.	D	-	-	-
Lauraceae	<i>Nectandra grandiflora</i> Nees	D	LC	-	-
Lauraceae	<i>Nectandra lanceolata</i> Nees	D	-	-	-
Lauraceae	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	D	-	-	-
Lauraceae	<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.	D	-	-	-
Lauraceae	<i>Nectandra nitidula</i> Nees	D	-	-	-
Lauraceae	<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees	D	-	-	-
Lauraceae	<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez	D	-	-	-
Lauraceae	<i>Ocotea bicolor</i> Vattimo-Gil	D	LC	-	-
Lauraceae	<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	D	-	-	-
Lauraceae	<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	D	-	-	-
Lauraceae	<i>Ocotea dispersa</i> (Nees & Mart.) Mez	D	-	-	-
Lauraceae	<i>Ocotea lancifolia</i> (Schott) Mez	D	LC	-	-
Lauraceae	<i>Ocotea nutans</i> (Nees) Mez	D	-	-	-
Lauraceae	<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer	D	EN	EN	VU
Lauraceae	<i>Ocotea percoriacea</i> Kosterm.	D	LC	-	-
Lauraceae	<i>Ocotea pomaderroides</i> (Meisn.) Mez	D	LC	-	-
Lauraceae	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	D	NT	-	-
Lauraceae	<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	D	LC	-	-
Lauraceae	<i>Ocotea spixiana</i> (Nees) Mez	D	-	-	-
Lauraceae	<i>Ocotea velloziana</i> (Meisn.) Mez	D	-	-	-
Lauraceae	<i>Ocotea velutina</i> (Nees) Rohwer	D	-	-	-
Lecythidaceae	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	D	-	-	-
Lecythidaceae	<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	D	EN	EN	-
Loganiaceae	<i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil.	D	-	-	-
Lythraceae	<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	D	LC	-	-
Magnoliaceae	<i>Magnolia ovata</i> (A.St.-Hil.) Spreng.	D	LC	-	-
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crispera</i> A.Juss.	D	-	-	-



Família	Espécie	GP	1	2	3
Malpighiaceae	<i>Byrsonima intermedia</i> A.Juss.	D	-	-	-
Malpighiaceae	<i>Byrsonima sericea</i> DC.	D	-	-	-
Malvaceae	<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	R	-	-	-
Malvaceae	<i>Eriotheca candolleana</i> (K.Schum.) A.Robyns	D	-	-	-
Malvaceae	<i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns	D	-	-	-
Malvaceae	<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	D	LC	-	-
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	R	-	-	-
Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	D	-	-	-
Malvaceae	<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.	D	-	-	-
Malvaceae	<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A.Robyns	D	LC	-	-
Melastomataceae	<i>Miconia brunnea</i> DC.	D	-	-	-
Melastomataceae	<i>Miconia chartacea</i> Triana	D	-	-	-
Melastomataceae	<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	D	-	-	-
Melastomataceae	<i>Miconia corallina</i> Spring	D	-	-	-
Melastomataceae	<i>Miconia cubatanensis</i> Hoehne	D	-	-	-
Melastomataceae	<i>Miconia cuspidata</i> Naudin	D	-	-	-
Melastomataceae	<i>Miconia elegans</i> Cogn.	D	-	-	-
Melastomataceae	<i>Miconia latecrenata</i> (DC.) Naudin	D	-	-	-
Melastomataceae	<i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin	D	-	-	-
Melastomataceae	<i>Miconia mellina</i> DC.	D	-	-	-
Melastomataceae	<i>Miconia rimalis</i> Naudin	D	LC	-	-
Melastomataceae	<i>Miconia sellowiana</i> Naudin	D	-	-	-
Melastomataceae	<i>Miconia theaezans</i> (Bonpl.) Cogn.	D	-	-	-
Melastomataceae	<i>Miconia valtheri</i> Naudin	D	-	-	-
Melastomataceae	<i>Miconia willdenowii</i> Klotzsch ex Naudin	D	LC	-	-
Melastomataceae	<i>Pleroma candolleianum</i> (Mart. ex DC.) Triana	D	-	-	-
Melastomataceae	<i>Tibouchina estrellensis</i> (Raddi) Cogn.	D	-	-	-
Melastomataceae	<i>Trembleya parviflora</i> (D.Don) Cogn.	D	-	-	-
Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	D	-	-	-
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	D	VU	VU	-
Meliaceae	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	D	-	-	-
Meliaceae	<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.	D	-	-	-
Meliaceae	<i>Trichilia hirta</i> L.	D	LC	-	-
Meliaceae	<i>Trichilia pallens</i> C.DC.	D	LC	-	-
Meliaceae	<i>Trichilia pallida</i> Sw.	D	-	-	-
Monimiaceae	<i>Macropeplus ligustrinus</i> (Tul.) Perkins	D	-	-	-
Monimiaceae	<i>Mollinedia argyrogyna</i> Perkins	D	LC	-	-
Monimiaceae	<i>Mollinedia clavigera</i> Tul.	D	-	-	-
Monimiaceae	<i>Mollinedia glabra</i> (Spreng.) Perkins	D	LC	-	-
Monimiaceae	<i>Mollinedia schottiana</i> (Spreng.) Perkins	D	-	-	-
Monimiaceae	<i>Mollinedia widgrenii</i> A.DC.	D	-	-	-
Moraceae	<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	D	-	-	-
Moraceae	<i>Ficus adhatodifolia</i> Schott in Spreng.	D	-	-	-
Moraceae	<i>Ficus enormis</i> Mart. ex Miq.	D	-	-	-
Moraceae	<i>Ficus gomelleira</i> Kunth	D	-	-	-
Moraceae	<i>Ficus luschnathiana</i> (Miq.) Miq.	D	-	-	-



Família	Espécie	GP	1	2	3
Moraceae	<i>Ficus obtusifolia</i> Kunth	D	-	-	-
Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	D	-	-	-
Moraceae	<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C.Burger et al.	D	-	-	-
Myristicaceae	<i>Virola bicuhyba</i> (Schott ex Spreng.) Warb.	D	EN	EN	-
Myrtaceae	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	D	LC	-	-
Myrtaceae	<i>Calyptanthes brasiliensis</i> Spreng.	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Calyptanthes clusiifolia</i> O.Berg	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Calyptanthes grammica</i> (Spreng.) D.Legrand	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Calyptanthes pteropoda</i> O.Berg	D	-	-	VU
Myrtaceae	<i>Calyptanthes pulchella</i> DC.	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Campomanesia guaviroba</i> (DC.) Kiaersk.	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Campomanesia phaea</i> (O.Berg) Landrum	D	LC	-	-
Myrtaceae	<i>Campomanesia pubescens</i> (Mart. ex DC.) O.Berg	D	LC	-	-
Myrtaceae	<i>Campomanesia rufa</i> (O.Berg) Nied.	D	LC	-	-
Myrtaceae	<i>Campomanesia velutina</i> (Cambess.) O.Berg	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Eugenia acutata</i> Miq.	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Eugenia flavescens</i> DC.	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Eugenia florida</i> DC.	D	LC	-	-
Myrtaceae	<i>Eugenia involucrata</i> DC.	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Eugenia nutans</i> O.Berg	D	LC	-	-
Myrtaceae	<i>Eugenia sonderiana</i> O.Berg	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Eugenia sphenophylla</i> O.Berg	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Eugenia stictopetala</i> Mart. ex DC.	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Marlierea obscura</i> O.Berg	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Myrceugenia alpigena</i> (DC.) Landrum	D	LC	-	-
Myrtaceae	<i>Myrcia amazonica</i> DC.	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Myrcia crocea</i> Kiaersk.	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Myrcia eriocalyx</i> DC.	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Myrcia fenziiana</i> O.Berg	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	D	LC	-	-
Myrtaceae	<i>Myrcia hebetepala</i> DC.	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Myrcia laruotteana</i> Cambess.	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Myrcia montana</i> Cambess.	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Myrcia multipunctata</i> Mazine	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Myrcia obovata</i> (O.Berg) Nied.	D	LC	-	-
Myrtaceae	<i>Myrcia pubiflora</i> DC.	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Myrcia retorta</i> Cambess.	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Myrcia rufipes</i> DC.	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Myrcia subcordata</i> DC.	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Myrcia venulosa</i> DC.	D	LC	-	-
Myrtaceae	<i>Myrciaria floribunda</i> (H.West ex Willd.) O.Berg	D	LC	-	-
Myrtaceae	<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i> (Gomes) Landrum	D	-	-	-



Família	Espécie	GP	1	2	3
Myrtaceae	<i>Plinia cauliflora</i> (Mart.) Kausel	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Plinia peruviana</i> (Poir.) Govaerts	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Psidium firmum</i> O.Berg	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Psidium myrtoides</i> O.Berg	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Psidium oblongatum</i> O.Berg	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Psidium robustum</i> O.Berg	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Psidium rufum</i> Mart. ex DC.	D	-	-	-
Myrtaceae	<i>Siphoneugena densiflora</i> O.Berg	D	LC	-	-
Myrtaceae	<i>Siphoneugena dussii</i> (Krug & Urb.) Proença	D	-	-	-
Nyctaginaceae	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	D	-	-	-
Nyctaginaceae	<i>Guapira tomentosa</i> (Casar.) Lundell	D	-	-	-
Ochnaceae	<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.	D	-	-	-
Ochnaceae	<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	D	-	-	-
Ochnaceae	<i>Ouratea salicifolia</i> (A.St.-Hil. & Tul.) Engl.	D	-	-	-
Olacaceae	<i>Heisteria silvianii</i> Schwacke	D	-	-	-
Peraceae	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Baill.	D	-	-	-
Phyllanthaceae	<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão	D	-	-	-
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	D	-	-	-
Primulaceae	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	D	-	-	-
Proteaceae	<i>Roupala longepetiolata</i> Pohl	D	-	-	-
Proteaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl.	D	-	-	-
Rhamnaceae	<i>Colubrina glandulosa</i> Perkins	D	LC	-	-
Rhamnaceae	<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	D	-	-	-
Rhamnaceae	<i>Rhamnus sphaerosperma</i> Sw.	D	-	-	-
Rosaceae	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	D	-	-	-
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A.Rich.	D	-	-	-
Rubiaceae	<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	D	-	-	-
Rubiaceae	<i>Amaioua intermedia</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	D	-	-	-
Rubiaceae	<i>Bathysa australis</i> (A.St.-Hil.) K.Schum.	D	LC	-	-
Rubiaceae	<i>Coussarea verticillata</i> Mull.Arg.	D	-	-	-
Rubiaceae	<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K.Schum.	D	-	-	-
Rubiaceae	<i>Faramea hyacinthina</i> Mart.	D	-	-	-
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	D	LC	-	-
Rubiaceae	<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltdl.	D	-	-	-
Rubiaceae	<i>Ixora brevifolia</i> Benth.	D	-	-	-
Rubiaceae	<i>Molopanthera paniculata</i> Turcz.	D	-	-	-
Rubiaceae	<i>Posoqueria latifolia</i> (Rudge) Schult.	D	LC	-	-
Rubiaceae	<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	D	-	-	-
Rubiaceae	<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	D	-	-	-
Rutaceae	<i>Dictyoloma vandellianum</i> A.Juss.	D	-	-	-
Rutaceae	<i>Esenbeckia febrifuga</i> (A.St.-Hil.) A. Juss. ex Mart.	D	-	-	-
Rutaceae	<i>Esenbeckia grandiflora</i> Mart.	D	-	-	-
Rutaceae	<i>Galipea jasminiflora</i> (A.St.-Hil.) Engl.	D	-	-	-
Rutaceae	<i>Hortia brasiliiana</i> Vand. ex DC.	D	NT	-	-
Rutaceae	<i>Metrodorea nigra</i> A.St.-Hil.	D	-	-	-



Família	Espécie	GP	1	2	3
Rutaceae	<i>Metrodorea stipularis</i> Mart.	D	-	-	-
Rutaceae	<i>Zanthoxylum acuminatum</i> (Sw.) Sw.	D	-	-	-
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	D	-	-	-
Rutaceae	<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	D	-	-	-
Salicaceae	<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	D	-	-	-
Salicaceae	<i>Casearia commersoniana</i> Cambess.	D	-	-	-
Salicaceae	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	D	-	-	-
Salicaceae	<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	D	LC	-	-
Salicaceae	<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	D	LC	-	-
Salicaceae	<i>Casearia mariquitensis</i> Kunth	D	-	-	-
Salicaceae	<i>Casearia obliqua</i> Spreng.	D	-	-	-
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	D	-	-	-
Salicaceae	<i>Xylosma ciliatifolia</i> (Clos) Eichler	D	-	-	-
Sapindaceae	<i>Allophylus racemosus</i> Sw.	D	-	-	-
Sapindaceae	<i>Cupania ludowigii</i> Somner & Ferrucci	D	-	-	-
Sapindaceae	<i>Cupania tenuivalvis</i> Radlk.	D	-	-	-
Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	D	-	-	-
Sapindaceae	<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	D	LC	-	-
Sapindaceae	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	D	-	-	-
Sapindaceae	<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	D	-	-	-
Sapindaceae	<i>Matayba juglandifolia</i> (Cambess.) Radlk.	D	-	-	-
Sapindaceae	<i>Matayba marginata</i> Radlk.	D	-	-	-
Sapindaceae	<i>Matayba mollis</i> Radlk.	D	-	-	-
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	D	-	-	-
Sapotaceae	<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	D	LC	-	-
Simaroubaceae	<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.	D	-	-	-
Solanaceae	<i>Aureliana fasciculata</i> (Vell.) Sendtn.	D	LC	-	-
Solanaceae	<i>Solanum cernuum</i> Vell.	D	-	-	-
Solanaceae	<i>Solanum granulosoleprosum</i> Dunal	D	LC	-	-
Solanaceae	<i>Solanum leucodendron</i> Sendtn.	D	LC	-	-
Solanaceae	<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	R	-	-	-
Solanaceae	<i>Solanum pseudoquina</i> A.St.-Hil.	D	LC	-	-
Solanaceae	<i>Solanum swartzianum</i> Roem. & Schult.	D	-	-	-
Theaceae	<i>Laplacea fruticosa</i> (Schrad.) Kobuski	D	-	-	-
Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis brasiliensis</i> Mart.	D	-	-	-
Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis utilis</i> Warm.	D	-	-	-
Urticaceae	<i>Cecropia glaziovii</i> Sneathl.	D	-	-	-
Urticaceae	<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	D	-	-	-
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	D	-	-	-
Verbenaceae	<i>Aloysia virgata</i> (Ruiz & Pav.) Juss.	D	-	-	-
Verbenaceae	<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	D	-	-	-
Vochysiaceae	<i>Callisthene major</i> Mart.	D	-	-	-
Vochysiaceae	<i>Vochysia emarginata</i> (Vahl) Poir.	D	-	-	-
Vochysiaceae	<i>Vochysia magnifica</i> Warm.	D	-	-	-
Vochysiaceae	<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	D	-	-	-



3.3.3.10.5 NUCLEAÇÃO

Existe uma grande quantidade de material vegetal, troncos, galhos, depositados ao longo da calha do ribeirão Ferro-Carvão. Este material, caso necessário, pode ser utilizado como indutor do processo de restauração florestal, através da técnica denominada de “nucleação”. É um conceito proposto por Yarranton & Morrison (1974), cuja importância tem sido relatada por vários autores, incluindo testes e aprimoramentos do método (Guevara et al., 1986; McClanahan & Wolfe, 1992; Reis et al., 2014). Neste caso, a nucleação poderia ser feita por meio da deposição destes materiais (Figura 3-8) ao longo da área a ser restaurada, proporcionando a formação de núcleos atrativos de mesofauna, de microrganismos, e de fauna de vertebrados, que podem contribuir com a restauração através da dispersão de outras espécies e não interferindo no plantio proposto. O uso do material pode diminuir a necessidade de remoção do mesmo, minimizando o impacto da necessidade de área para deposição em outros locais, entretanto é uma logística que deve ser estudada com o decorrer das obras.

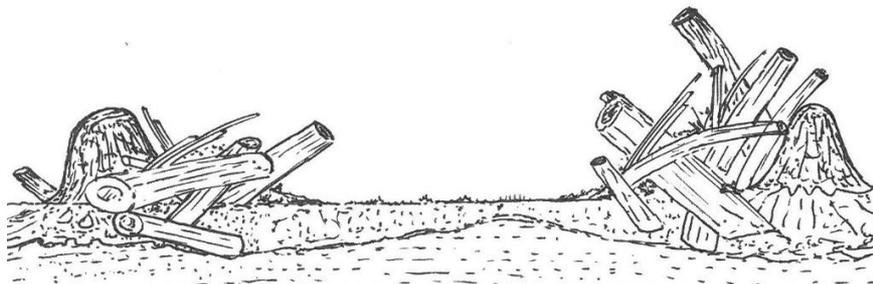


Figura 3-8: Ilustração esquemática de nucleação com galharia+termiteiros, que pode ser uma técnica para contribuir com a restauração.

3.3.3.11 IRRIGAÇÃO

Sempre que necessário deve-se realizar a irrigação das mudas, especialmente em épocas de estiagens. Por ser uma operação cara, é recomendado o plantio em época chuvosa, para evitar ou diminuir a necessidade de regas. Deve-se utilizar 4 a 5 litros de água por cova, logo após o plantio caso o solo não esteja úmido. Em áreas pequenas pode-se utilizar um regador. Em grandes plantios pode ser utilizado um tanque pipa com mangueiras para a irrigação, acoplado em um trator ou uma moto-bomba quando se tem água próxima disponível. Devem ser previstas também mais três irrigações, caso necessário, até o “pegamento” das mudas e sempre que se detectar o ponto de murcha em espécies mais sensíveis, isso geralmente acontece dentro de 4 a 6 dias após o plantio quando não ocorrer chuvas. No entanto, essas quantidades de dias podem variar bastante dependendo do tipo do solo, umidade inicial do solo e insolação.

O planejamento da irrigação das mudas é imprescindível quando se realiza o plantio no final do período chuvoso ou durante a estação seca, na qual há maior déficit hídrico. Nesses casos, pode-se optar pela utilização do hidrogel (Foto 3-17), o qual retém a umidade ao redor das mudas por um tempo maior, de forma que as mesmas sejam menos afetadas em períodos de estiagem.





Foto 3-17: (A) Aplicação de hidrogel através de tanque modificado e (B) tubo de fornecimento de hidrogel ligado à plantadora manual, permitindo sua aplicação junto ao plantio da muda, Fazenda Guarairoba, Campinas, SP.

3.3.3.12 REPLANTIO

O replantio consiste na reposição das mudas que morreram na mesma cova já preparada, devendo ser realizado sempre que a mortalidade é superior a 5% nos primeiros 3 meses e 10% nos anos seguintes. Deve ser realizado entre 60 e 90 dias depois do plantio, realizando-se a irrigação dessas mudas com 4 a 5 litros de água por cova, caso haja necessidade. Não é necessário fazer a adubação de base novamente neste primeiro replantio.

3.3.3.13 MANUTENÇÃO

Após a implantação do processo de restauração florestal, é essencial que seja realizada a manutenção das áreas. Essa manutenção deve ser realizada até que ocorra o completo recobrimento da área pelos indivíduos plantados, situação que pode ocorrer em 2 anos pós plantio se as ações de restauração forem bem conduzidas e de forma sistemática, contemplando: a) Limpeza das coroas; b) Controle dos competidores; c) Combate as formigas e; d) adubação de cobertura. O número de operações de manutenção pode variar bastante com a situação em que se deseja restaurar dependendo do tipo e cobertura do solo, método empregado e época do ano. A adubação de cobertura deve ser realizada durante a manutenção, tanto para o incremento do desenvolvimento dos indivíduos plantados, quanto para os indivíduos regenerantes, não diferindo na metodologia adotada.

A época é em geral no momento em que as mudas atingirem por volta de 50 cm de diâmetro de copa, e somente para essas que atingirem esse porte. A aplicação da adubação de cobertura deverá ser realizada no solo a uma distância da base da muda que corresponda ao final da projeção da copa e dividindo a quantidade aplicada em lados opostos. Para que a adubação não favoreça o crescimento de plantas invasoras, a aplicação do adubo deverá ser realizada após a capina ou em condições de baixa infestação de invasoras.



3.3.3.14 CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO

As sequências das atividades devem ser organizadas respeitando o início da estação chuvosa, que possui melhores condições de água no solo, temperatura e luz para um desenvolvimento mais satisfatório das mudas, por isso, o mês de outubro é o ponto de partida. O estabelecimento e o desenvolvimento das mudas no campo também dependerão de um bom preparo de solo com corretivos e fertilizantes adequados. O cronograma está dividido entre as fases de implantação (Tabela 3-10) e manutenção (Tabela 3-11), contemplando as atividades envolvidas.

Tabela 3-10 - Cronograma da fase de implantação de restauração florestal das áreas degradadas que eram originalmente ocupadas com Floresta Estacional Semidecidual, conforme a liberação dessas áreas para restauração ao longo do tempo.

ATIVIDADES	Fase Implantação				
	Mês				
	Out	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.
Controle de formigas					
Preparo do solo (incluindo calagem)					
Capina					
Semeadura de adubo verde e fertilização do solo					
Plantio (espécies de recobrimento)					
Fertilização de base (recobrimento)					
Fertilização de cobertura (recobrimento)					

Tabela 3-11: Cronograma da fase de manutenção de restauração florestal das áreas degradadas, conforme a liberação dessas áreas para restauração ao longo do tempo.

Atividades	Manutenção no Ano 1											
	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F
Controle de formigas	X		X		X		X		X		X	
Plantio (espécies de diversidade)									X	X		
Fertilização de base (diversidade)									X	X		
Fertilização de cobertura (todos)	X									X	X	
Replantio	X											X
Capina	X			X				X		X		X
Manutenção no Ano 2												
	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F
Controle de formigas	X			X			X			X		
Replantio (espécies de diversidade)	X											
Fertilização de cobertura										X	X	
Capina	X			X						X		
Manutenção no Ano 3												
	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F
Controle de formigas	X				X			X				
Fertilização de cobertura								X				
Capina (conforme necessidade)	X				X			X				



3.3.4 MONITORAMENTO DA RESTAURAÇÃO

Para a área coberta pelos 285 ha de rejeito é proposto uma extensa rede de monitoramento, para o qual as autorizações de coleta devem ser obtidas junto aos órgãos ambientais. As outras áreas podem ou não ser monitoradas, dependendo dos objetivos do planejamento estratégico de restauração na bacia do Ferro-Carvão. São quatro propostas, com objetivos diferentes de monitoramento, mas que se inter-relacionam, a saber:

- Monitoramento da Sucessão Florestal;
- Monitoramento da Sucessão Faunística;
- Monitoramento da regeneração Natural em Áreas com Rejeitos;
- Monitoramento da Fitorremediação

3.3.4.1 MONITORAMENTO DA SUCESSÃO FLORESTAL

Neste primeiro programa o objetivo é avaliar o efetivo processo de restauração florestal, avaliando os valores esperados para indicadores que apontem para uma trajetória esperada, no sentido do restabelecimento da diversidade, estrutura e funcionamento do ecossistema natural característico do local, que é a Floresta Estacional Semidecidual. Os resultados obtidos durante as fases iniciais de restauração irão apontar erros e acertos da metodologia adotada, definindo possíveis ações corretivas ou complementares nas áreas em restauração, caso os resultados do monitoramento indiquem essa necessidade.

Para a correta avaliação do projeto de restauração, é necessário individualizar os dados coletados na amostragem do monitoramento, por projeto. E para isso, é preciso definirmos área de monitoramento aquela com a mesma condição ambiental e mesmo tipo de vegetação a ser restaurada. O tempo de início dos plantios não será considerado, pois uma mesma condição e com as mesmas espécies poderá ter tempos diferentes de plantios de restauração. Análises de cronosequências permitem que estas áreas sejam analisadas em conjunto ou, em caso de necessidade, elas também podem ser analisadas em separado.

Para este programa são indicadas 50 parcelas de 25 x 4 m, especificamente para a área atingida pelo rejeito. As parcelas amostrais serão alocadas com auxílio de uma trena de 25, ao longo da qual será amostrada uma faixa com largura de 2 m de cada lado da trena, onde serão amostradas todas as plantas arbustivo-arbóreas que se encontrem dentro da área da parcela (Figura 3-9).

Deve ser iniciado assim que finalizado os plantios em cada área. Recomenda-se que o monitoramento seja feito trimestralmente no primeiro ano, semestralmente do segundo ao quinto ano e anualmente, do sexto ano até o 10 ano. Deverá ser realizado um relatório fotográfico, georreferenciado, mostrando uma referência fixa e precisa na paisagem, como morro, curso d'água, linhas de energia, etc. As fotos devem ser feitas sempre na mesma posição e ângulo.

Os seguintes indicadores serão utilizados para avaliar a sucessão florestal: a) cobertura do solo com vegetação nativa; b) quantidade de indivíduos nativos regenerantes; c) quantidade



de espécies nativas regenerantes; d) altura média de espécies nativas; e) quantidade de espécies herbáceas agressivas. Estes indicadores serão comparados ao longo do tempo com uma tabela de referência (Tabela 3-12, Tabela 3-13), com o objetivo de analisar se as metas foram alcançadas e se correções devem ser feitas.

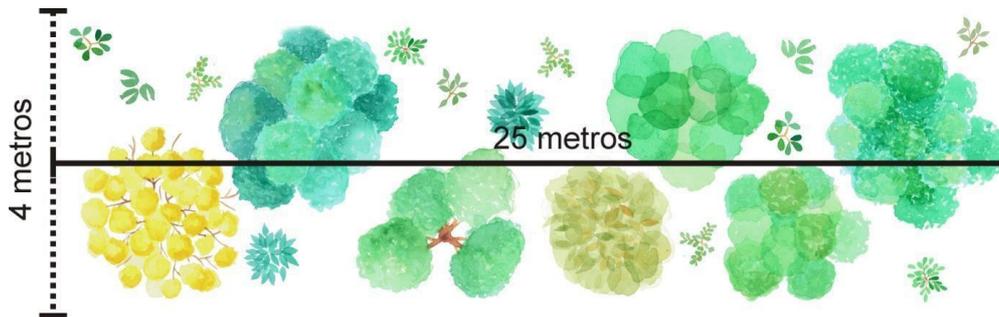


Figura 3-9: Vista aérea da parcela amostral 4 x 25 m (Adaptado: Portaria CBRN 01/2015).

3.3.4.1.1 COBERTURA DO SOLO COM VEGETAÇÃO NATIVA

A cobertura do solo pelas copas das espécies arbustivas e arbóreas nativas será expressa em porcentagem. Seu cálculo será feito somando-se os comprimentos da trena cobertos pela projeção vertical das copas das espécies arbóreas nativas (mesmo que esteja sem folhas na época seca) (Figura 3-10), multiplicado por 100 e se dividindo o resultado pelo comprimento total adotado (25 m). Os resultados serão obtidos em porcentagem da somatória dos trechos cobertos em relação à trena de 25 m. O valor do indicador “cobertura do solo com vegetação nativa” consiste na cobertura média considerando todas as parcelas. Para os casos em que a medição incluir a presença de árvores caducifólias (que perdem as folhas total ou parcialmente na estação seca), estas deverão ser consideradas no levantamento, medindo-se a extensão da linha coberta pela projeção dos troncos e galhos da árvore.

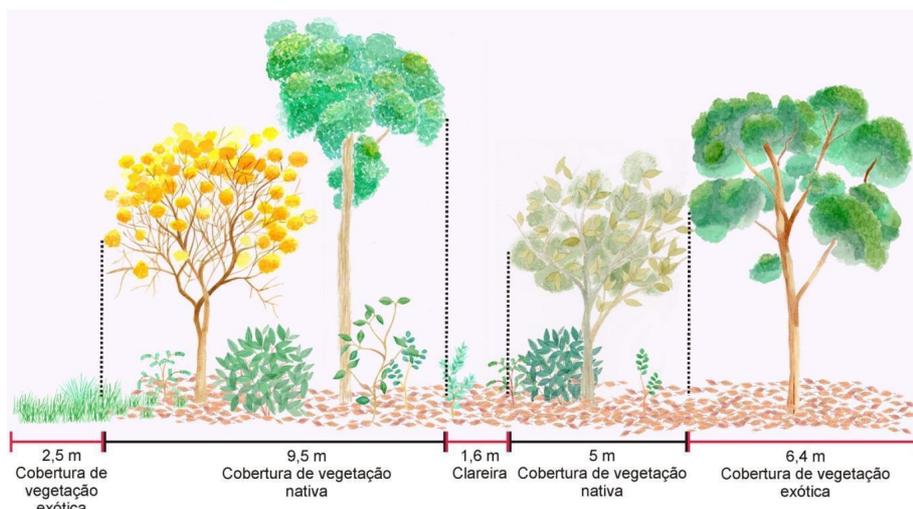


Figura 3-10: Esquema de estimativa da cobertura de copas por projeção de copa para formações florestais. Protocolo de monitoramento para projetos de restauração florestal, SMA, 2015. Desconsiderar áreas de exóticas e área de clareiras na somatória.



3.3.4.1.2 QUANTIDADE DE ESPÉCIES NATIVAS REGENERANTES

Será contabilizada a quantidade total de espécies lenhosas (arbustivas ou arbóreas) de regenerantes nativos e indivíduos plantados encontrados nas parcelas e apresentada em forma de uma lista única. Nesta amostragem serão incluídos apenas indivíduos com altura igual ou maior a 50 cm ($H \geq 50$ cm e $CAP < 15$ cm).

3.3.4.1.3 ALTURA MÉDIA DE ESPÉCIES NATIVAS

Para calcular a altura média das espécies nativas, será considerada a altura dos indivíduos arbustivos e arbóreos com mais de 100 cm de altura. Esse parâmetro é mais relevante se obtido a partir do 2 ano, conjuntamente com a densidade e riqueza de espécies.

3.3.4.1.4 DENSIDADE DE INDIVÍDUOS NATIVOS REGENERANTES

Para estimar a quantidade de indivíduos nativos regenerantes de espécies lenhosas (arbustivas ou arbóreas) nativas por hectare, serão contados apenas os indivíduos com altura igual ou maior que 50 cm ($H \geq 50$ cm e $CAP < 15$ cm), como exemplificado na Figura 3-11. Serão contabilizados todos os exemplares lenhosos nativos dentro da parcela e posteriormente esse número será dividido pela área da parcela, convertendo-o em quantidade de indivíduos por hectare (ind./ha). O valor deste indicador será composto pela média das parcelas

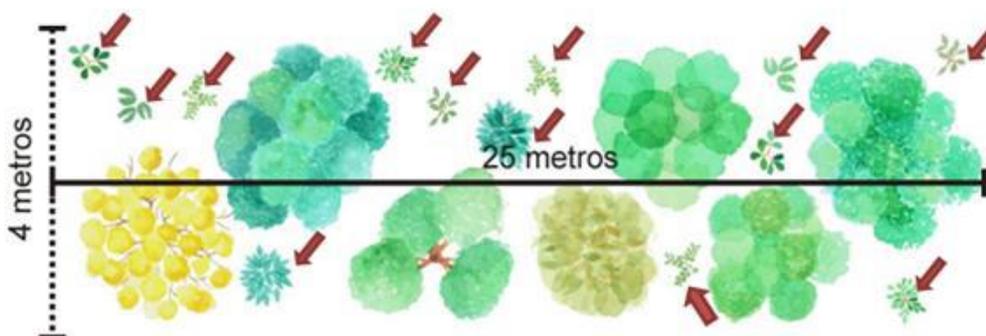


Figura 3-11: Representação de uma parcela com indivíduos nativos regenerantes (setas).

3.3.4.1.5 DENSIDADE DE ESPÉCIES HERBÁCEAS AGRESSIVAS

Para calcular a densidade de espécies herbáceas agressivas serão usadas subparcelas nas dimensões de 2 x 2 metros, em número de três dentro da parcela, nas quais deverá ser estimada a cobertura do solo por herbáceas agressivas vivas, em porcentagem. Normalmente, essas herbáceas correspondem a gramíneas usadas em pastagens (braquiárias, capim-colônião, capim-gordura, etc.), além de samambaias alelopáticas (p.ex.: *Pteridium*), lírio-do-brejo, taboa, e outras plantas herbáceas invasoras.





3.3.4.1.6 EXPERIMENTO COM REJEITO

Como já destacado ainda não se sabe se o cenário de restauração inclui a remoção parcial ou de 100% do rejeito depositado na bacia do ribeirão Ferro-Carvão. Vários pesquisadores tem destacado a importância de se conhecer a resposta da restauração em áreas com deposição de rejeitos de mineração e dessa maneira, mesmo com a decisão de remoção de 100% dos rejeitos, seria importante manter pelo menos 10 trechos de 0,5 ha, ao longo da bacia, com camadas de espessura de rejeitos de 1 m de altura, para experimentação florestal, no qual podem ser testadas diversas técnicas (com ou sem adubação verde, com plantio de mudas ou semeadura). Ressalta-se ainda três destes trechos, ao longo da bacia, deveriam ser deixados para regeneração natural, como um observatório natural de sucessão florestal.



Tabela 3-12: Valores de referência para Florestas e Matas Ciliares (Adaptado: Resolução SMA-SP 32, de 3 de abril de 2014).

Valores	Indicador	Cobertura do solo com vegetação nativa (%)			Densidade de indivíduos nativos regenerantes (ind./ha) *			No. de espécies nativas regenerantes (n° spp.) *		
		crítico	mínimo	adequado	crítico	mínimo	adequado	crítico	mínimo	adequado
Valores de Referência	3 anos	0 a 15	15 a 80	acima de 80	-	0 a 200	acima de 200	-	0 a 3	acima de 3
	5 anos	0 a 30	30 a 80	acima de 80	0 a 200	200 a 1000	acima de 1000	0 a 3	3 a 10	acima de 10
	10 anos	0 a 50	50 a 80	acima de 80	0 a 1000	1000 a 2000	acima de 2000	0 a 10	10 a 20	acima de 20
	15 anos	0 a 70	70 a 80	acima de 80	0 a 2000	2000 a 2500	acima de 2500	0 a 20	20 a 25	acima de 25
Valores Pretendidos	20 anos	0 a 80	-	acima de 80	0 a 3000	-	acima de 3000	0 a 30	-	acima de 30

Crítico: Não foram atingidos os valores mínimos esperados no prazo determinado e será exigida a readequação do projeto por meio de ações corretivas.

Mínimo: Valores estão dentro da margem de tolerância para o prazo determinado e cumprem as exigências mínimas, porém os valores são inferiores ao esperado, o que indica a necessidade da realização de ações corretivas para não comprometer os resultados futuros.

Adequado: Foram atingidos os valores esperados para o prazo determinado.

* Critério de inclusão dos regenerantes: altura (h) ≥ 50 cm e circunferência medida à altura do peito (CAP) < 15 cm

Tabela 3-13: Estados qualitativos de referência para Florestas e Matas Ciliares (Adaptado: Resolução SMA-SP 32, de 3 de abril de 2014).

Valores	Indicador	Sinais de perturbações			Presença de espécies invasoras		
		crítico	mínimo	adequado	crítico	mínimo	adequado
Valores de Referência	3 anos	presente	esporádico	ausente	presente	esporádico	ausente
	5 anos	presente	esporádico	ausente	presente	esporádico	ausente
	10 anos	presente	esporádico	ausente	presente	esporádico	ausente
	15 anos	presente	esporádico	ausente	presente	esporádico	ausente
Valores Pretendidos	20 anos	presente	esporádico	ausente	presente	esporádico	ausente

