

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

*Campus* Rio Claro

JUAN PEDRO PIERONI

**PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DEGRADADAS  
PELA EXTRAÇÃO DE NÍQUEL, NA MINERAÇÃO MORRO  
AZUL, PRATÁPOLIS/MG.**

Orientadora

Prof. Dra. Gilda Carneiro Ferreira

Rio Claro – SP

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

*Campus* Rio Claro

JUAN PEDRO PIERONI

**PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DEGRADADAS  
PELA EXTRAÇÃO DE NÍQUEL, NA MINERAÇÃO MORRO  
AZUL, PRATÁPOLIS/MG.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do *Campus* de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geociências e Meio Ambiente.

Orientadora

Prof. Dra. Gilda Carneiro Ferreira

Rio Claro – SP

2013

JUAN PEDRO PIERONI

**PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DEGRADADAS  
PELA EXTRAÇÃO DE NÍQUEL, NA MINERAÇÃO MORRO  
AZUL, PRATÁPOLIS/MG.**

Comissão Examinadora:

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gilda Carneiro Ferreira

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Margarita Torres Moreno

Prof. Dr. Milton Cezar Ribeiro

RESULTADO: APROVADO

Rio Claro – (SP), 18 de dezembro de 2013

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e Nossa Senhora, pela infinita bondade, fieis amigos que me protegem, fortalecem e iluminam em todos os momentos da minha vida.

Agradeço ainda a Professora Dr<sup>a</sup>. Gilda Carneiro Ferreira, pela orientação e dedicação, pelos conselhos e críticas, mas, sobretudo por tão grande profissionalismo, humildade e humanismo, e por mais do que ninguém ter acreditado em mim. Obrigado!

Aos meus pais, Iraíde e José Antônio Pieroni, pelo apoio, incentivo, força, carinho e por terem acreditado em mim quando eu mesmo duvidei. Aos meus irmãos Giovanni, Fabiana, Júlia e Laura, que mesmo distantes torceram por mim. E aos meus sobrinhos e afilhados, Felipe, Bruna, Clara, Heytor e Francisco, por perdoarem minha ausência e pela doçura que me incentivou em cada momento.

Ao amigo irmão Rafael Peres Campos, pelo apoio fundamental no levantamento florístico e em trabalhos de campo, e por dar literalmente o sangue pra me ajudar. Valeu Rafa.

Agradeço a Karina Grisólia R. Branco, pelo carinho, atenção, contribuição, compreensão, mais principalmente, por ter estado comigo ao meu lado durante essa importante jornada da minha vida.

Aos amigos Cristhiano, Rodrigo Pádua e Junior Bubys, pelo apoio nos trabalhos de campo e por vibrarem comigo a cada conquista dessa caminhada.

Aos amigos da Moradia Estudantil, Abul, Jorge, Adriano, Eder, Ana, Rafael Malagoli, Wagner Nostório..., foram tantos que seria extenso mencionar, obrigado a todos pela acolhida e amizade.

Agradeço a República Tississinguabe, que também me acolheu de braços abertos e me acrescentou grandes amigos e ensinamentos. Obrigado Lucas, Leonel, Aron, Igor, Flávio, Mauro, Luiz Felipe, Caio, André Gurjão, José Claudio, Ignácio, Charlene, Gionanni, Kelton, Paulo, Fernando e Pedro. Valeu Galera!

Agradeço aos amigos Hermes Dias Brito, Irakli e Flávio Rodrigues pela ajuda e ensinamentos na confecção dos mapas e ArcGiz.

A Rosangela que nunca mediu esforços em me ajudar e orientar, sempre paciente e atenciosa. Rô, Obrigado!

Ao Cezário, companheiro de viagem, companheiro de campo, por ter me auxiliado em todos os pontos importantes do trabalho sempre com bom humor e boa vontade.

A todos os docentes do Programa de Pós Graduação em Geociências e Meio Ambiente.

Agradeço a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível superior, pelo apoio financeiro durante o curso, e à FUNDUNESP (Fundação para o Desenvolvimento da Unesp), pelo auxílio financeiro aos trabalhos de campo.

Agradeço especialmente a Mineração Morro Azul, através das pessoas de Jarbas Henrique Pereira e Lúcio Flávio Paiva de Almeida, por terem aberto as portas do empreendimento e não terem medido esforços para a viabilização e realização da pesquisa e ainda, a todos os funcionários que colaboraram e trabalharam para o desenvolvimento do estudo. A toda equipe Morro Azul, Muito Obrigado!

**“O que sabemos é uma gota,  
o que ignoramos é um oceano”**

Isaac Newton

## RESUMO

Sendo a mineração um importante setor da economia do país e ainda, uma das maiores causadoras de degradação ambiental onde é praticada, é evidente a necessidade de se desenvolver estudos e pesquisas que visem subsidiar os processos de extração. Neste contexto, é importante garantir a viabilidade econômica e ambiental na operação desses empreendimentos, a fim de não comprometer o fornecimento de insumos como também os ambientes onde se instala. O presente estudo objetivou monitorar os parâmetros sedimentológicos do curso hídrico afetado pela extração de Níquel, na Mineração Morro Azul sudoeste de Minas Gerais, e também avaliar as técnicas de nucleação para recuperação das áreas degradadas pela atividade no local. Os resultados obtidos comprovaram a interferência das áreas de lavra e deposição de rejeitos na alteração dos parâmetros de qualidade de água do córrego Água Limpa, e ainda, que as técnicas de nucleação avaliadas neste estudo são viáveis econômica e ambientalmente para a recuperação das áreas degradadas no local.

**Palavras chave:** Níquel; alteração; parâmetros sedimentológicos; ambiente; nucleação;

## **ABSTRACT**

Considering mining as an important sector of the Brazilian economy and yet, one of the greatest responsible for the environmental degradation wherein it is practiced, it turns evident the need for development of studies and researches aiming to subsidize the extraction processing. In this context, it is important to guarantee the economic and environmental viability of these enterprises' operations in order not to compromise the supply of resources as well as the environment wherein it is installed. The scopes of the present study are the monitoring of the sedimentological parameters of the hydric course affected by the nickel extraction, at the Mineração Morro Azul, southwest Minas Gerais, and also the evaluation of the nucleation techniques for the recovery of degraded areas. The results confirmed the interference of the extractions and the deposition of rejects in water quality parameters alteration, at the Água Limpa stream. And also, that the nucleation techniques evaluated in this study are economically and environmentally viable for recovery of degraded areas.

Keywords: Nickel; alteration; sedimentological parameters; environment; nucleation;

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização do Empreendimento. ....	17
Figura 2 - Médias de precipitação e temperaturas máxima e mínima entre os anos de 1960-1990.....	19
Figura 3 - Pluviosidade anual e média entre os anos de 1990-2004.....	19
Figura 4 - Pluviosidade mensal nos anos de 2002 e 2004.....	20
Figura 5 - Temperatura média mensal entre os anos de 1995 a 2004.....	20
Figura 6 - Temperatura média anual para os meses mais frios e para os meses mais quentes, entre os anos de 1995-2004. ....	21
Figura 7 - Fotografia da Mineração Morro Azul.....	24
Figura 8 - Rede de drenagem da sub-bacia hidrográfica do Córrego da Água Limpa, onde se localiza o empreendimento .....	28
Figura 9 - Bacia Hidrográfica do Rio Grande UPGRHs GD6, GD&, GD8. ....	29
Figura 10 - Canaletas de drenagem da mina direcionando o fluxo de água e sedimentos para os barramentos 1 e 2.....	30
Figura 11 - Processo de dragagem dos barramentos 1 e 2 .....	31
Figura 12 - Bacia de decantação de sedimentos.....	31
Figura 13 - Processo de erosão laminar e assoreamento do córrego água limpa, barramento 3, período chuvoso.....	32
Figura 14 - Imagem de satélite ilustrando os fragmentos florestais remanescentes e áreas de experimento.....	34
Figura 15 - Fragmento de remanescente florestal ao lado da mina. ....	34
Figura 16 - Aspectos ambientais para recuperação de áreas degradadas.....	47
Figura 17 - Cronograma de atividades desenvolvidas em campo. ....	53
Figura 18 - Pontos de amostragem e procedimento de coleta de água.....	54
Figura 19 - Em A e B, procedimento de coleta de material vegetal para posterior identificação. ....	55
Figura 20 - Mapa de transectos percorridos nos fragmentos remanescentes e a distância das áreas de experimento da borda dos fragmentos mais próximos. ....	56
Figura 21 - Imagem da mina de Níquel antes do processo de extração, 1957.....	59
Figura 22 - Carregamento do banco de sementes do solo, reabertura das vias de acesso e procedimento de recomposição do banco de sementes do solo sendo executado. ....	60
Figura 23 - Volume de solo realocado na área de experimento 2, e procedimento de plantio direto de <i>Vigna unguiculata</i> (feijão-de-corda).....	61

Figura 24 - Demarcação e remoção de solo e serrapilheira, transporte e a transposição do material para as áreas de experimento.....	63
Figura 25 - Transporte do material vegetal e disposição do material nas áreas de experimento. ....	65
Figura 26 - Instalação dos poleiros de eucalipto de 5 m., e em instalação dos poleiros de 3 m. de bambu .....	66
Figura 27 - Instalação dos coletores de sementes.....	68
Figura 28 - Localização dos barramentos e pontos de monitoramento de água.....	69
Figura 29 – Resultado dos parâmetros de pH e Condutividade. ....	71
Figura 30 - Resultado dos parâmetros N <sup>4</sup> e OD. ....	72
Figura 31 – Resultado dos parâmetros de Mg. e Dz. ....	72
Figura 32 - Resultados dos parâmetros Fe e Ni.....	73
Figura 33 - Resultados de STD e SST, para os períodos seco e chuvoso. ....	74
Figura 34 - Resultados de STS, para os períodos seco e chuvoso. ....	75
Figura 35 - Processos de assoreamento evidenciados pelo desenvolvimento de taboa ( <i>typha domingensis</i> ), barramento 3.....	76
Figura 36 – Algumas das espécies identificadas. ....	80
Figura 37 - Antes e depois da recomposição do solo.....	88
Figura 38 - Antes e depois da recomposição de solo após um período de 120 dias para ambas as áreas .....	89
Figura 39 - Desenvolvimento de plântulas a partir de propágulos contidos no banco de sementes do solo remanejado .....	90
Figura 40 - Desenvolvimento das mudas após 60 e 120 dias respectivamente. ....	91
Figura 41 - Desenvolvimento de propágulos nos núcleos de solo transplantados. ....	92
Figura 42 - Transposição de galharia e desencadeamento dos processos de decomposição.....	93
Figura 43 - Poleiros implantados nas áreas de experimento .....	95
Figura 44 - Diferentes poleiros experimentados, e evidências encontradas nas áreas 1 e 2 respectivamente .....	95
Figura 45 - Material interceptado em alguns dos coletores instalados .....	97

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
2.1 OBJETIVO GERAL: .....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	14
<b>3. JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>15</b>
<b>4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>16</b>
4.1 CLIMA E METEOROLOGIA .....	18
4.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA .....	21
4.2.1 GEOLOGIA REGIONAL .....	21
4.2.2 GEOLOGIA LOCAL .....	21
4.2.3 GEOMORFOLOGIA .....	23
4.2.4 PEDOLOGIA .....	24
4.3 CARACTERIZAÇÃO DO DEPÓSITO MINERAL .....	25
4.3.1 MINÉRIO.....	25
4.4 RECURSOS HIDRICOS .....	26
4.4.1 VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS .....	26
4.4.2 PROCESSOS EROSIVOS E DE ASSOREAMENTO .....	30
4.5 VEGETAÇÃO .....	32
<b>5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA</b> .....	<b>35</b>
5.1 MEIO AMBIENTE: ASPECTOS FUNDAMENTAIS .....	35
5.2 IMPACTOS AMBIENTAIS: CONCEITOS BÁSICOS .....	37
5.3 LEGISLAÇÃO.....	38
5.3.1 BASE LEGAL.....	40
5.4 SEDIMENTOLOGIA.....	40
5.4.1 MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO .....	43
5.5 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS .....	44
5.5.1 RECUPERAÇÃO, RABILITAÇÃO E RESTAURAÇÃO. ....	45
5.5.2 RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE ECOSISTEMAS DEGRADADOS .....	48
5.5.3 LEVANTAMENTO FLORÍSTICO .....	49

5.6 NUCLEAÇÃO .....	51
<b>6. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>53</b>
6.1 MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO .....	53
6.2 LEVANTAMENTO FLORÍSTICO.....	55
6.3 IMPLANTAÇÃO DAS TÉCNICAS DE NUCLEAÇÃO (EXPERIMENTO)....	58
6.3.1 RECOMPOSIÇÃO DE SOLO.....	58
6.3.2 ADUBAÇÃO VERDE: .....	61
6.3.3 TRANSPOSIÇÃO DE SOLO E SERRAPILHEIRA:.....	62
6.3.5 POLEIROS SECOS:.....	65
6.3.6 COLETORES DE SEMENTES:.....	67
<b>7. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>69</b>
7.1 MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO .....	69
7.1.1 PH E CONDUTIVIDADE.....	71
7.1.2 NITROGÊNIO AMONICAL E OXIGÊNIO DISSOLVIDO .....	72
7.1.3 MAGNÉSIO TOTAL E DUREZA .....	72
7.1.4 FERRO TOTAL E NÍQUEL TOTAL.....	73
7.1.5 SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ .....	74
7.1.6 SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS .....	75
7.1.7 ÓLEOS E GRAXAS .....	77
7.2 LEVANTAMENTO FLORÍSTICO.....	78
7.3 EXPERIMENTO.....	87
7.3.1 RECOMPOSIÇÃO DE SOLO.....	87
7.3.2 ADUBAÇÃO VERDE .....	90
7.3.3 TRANSPOSIÇÃO DE SOLO E SERRAPILHEIRA.....	92
7.3.4 TRANSPOSIÇÃO DE GALHARIA.....	93
7.3.5 POLEIRO SECO.....	94
7.3.6 COLETOR DE SEMENTES: .....	96
<b>8. CONCLUSÃO .....</b>	<b>98</b>
<b>9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....</b>	<b>100</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A mineração é um dos setores básicos da economia do país, contribuindo de forma decisiva para o bem estar e a melhoria da qualidade de vida das presentes e futuras gerações, sendo fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade equânime, desde que seja operada com responsabilidade social e ambiental, estando sempre presentes os preceitos do desenvolvimento sustentável.

Na conferência Rio + 10 realizada de 26 de maio a 29 de agosto de 2002, em Johannesburgo (África do Sul), em várias partes de seu documento final, assinado por todos os países presentes, a mineração foi considerada como atividade fundamental para o desenvolvimento econômico e social de muitos países, tendo em vista que os minerais são essenciais para a vida moderna.

O subsolo brasileiro possui importantes depósitos minerais. Partes dessas reservas são consideradas expressivas quando relacionadas mundialmente. O Brasil possui cerca de 70 substâncias, sendo 21 dos grupos de minerais metálicos, e 45 dos não metálicos e quatro dos energéticos. Em termos de participação no mercado mundial em 2011 o país se destacou como o principal produtor nióbio (97%) e tântalo (18,4%), sendo o segundo produtor de magnesita e terceiro produtor de crisotila, bauxita, minério de ferro e grafita (DNPM, 2012).

A intervenção ocasionada pelo extrativismo mineral transforma completamente o ambiente, deixando claro seu potencial poluidor e causador de degradação ambiental, e a necessidade de se desenvolver novas formas de obtenção e utilização desses recursos, atendendo o conceito de sustentabilidade ambiental, que defende garantir as mesmas oportunidades de uso às gerações futuras.

Torna-se necessário então, a realização de estudos ambientais e implantação de medidas de gestão ambiental que compensem e minimizem os impactos oriundos da mineração.

Neste contexto, localiza-se no Município de Pratápolis, sudoeste do Estado de Minas Gerais, uma empresa de mineração classificada como de pequeno porte, denominada Mineração Morro Azul. A empresa é detentora dos direitos de lavra (DNPM processo nº 5.304/1957 e Portaria de Lavra nº 969/1980) para extração de níquel, em uma área de 51,32 ha, anteriormente, pertencente a Morro do Níquel S/A, empresa que iniciou as operações de lavra no local, no ano de 1962 e que em 28/07/1998 solicitou ao DNPM a suspensão de suas atividades pelo prazo de cinco (5)

anos mediante apresentação do “Programa de Pesquisa / Estudo de Viabilidade Econômica”.

No DIÁRIO Oficial da União de 27/02/2004, foi publicado um despacho do Diretor Geral do DNPM, que autorizou e aprovou a transferência dos direitos minerários da Portaria de Lavra 969/80 da Morro do Níquel S/A, para, Mineração Morro Azul, a qual pôr sua vez, solicitou ao DNPM, a suspensão das atividades de lavra para reavaliação da jazida mineral.

Após reavaliação da jazida mineral, que resultou em um laudo favorável à retomada das atividades de lavra no local, a empresa iniciou os processos de licenciamento ambiental, previstos na Legislação Ambiental Brasileira.

A principal diretriz deste trabalho é fornecer dados e informações que subsidiem os processos de recuperação ambiental a serem implantados conforme exigido na atual Legislação Ambiental Brasileira, bem como compor projetos futuros, como o Plano de Fechamento de Mina.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL:**

O objetivo deste estudo é elaborar uma proposta de recuperação de áreas degradadas pela extração de níquel, na Mineração Morro Azul, município de Pratápolis, estado de Minas Gerais.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

2.2.1 Realizar o monitoramento limnológico do córrego Água Limpa, contemplando o período chuvoso e período seco, avaliando os parâmetros sedimentológicos da água e suas alterações no segmento do córrego, dentro dos limites do empreendimento.

2.2.2 Realizar o levantamento florístico qualitativo dos remanescentes florestais adjacentes à mina.

2.2.3 Avaliação experimental das técnicas de Nucleação para recuperação das áreas degradadas pela extração de minério e deposição de rejeitos no local.

### 3. JUSTIFICATIVA

É evidente que, a utilização de qualquer forma de recurso natural, resulta em consequências, às vezes graves ao meio ambiente, pois, a extração desses recursos resulta geralmente, na degradação ambiental dos locais onde é praticada.

A mineração é um importante setor econômico do nosso país, e contribui significativamente para o atual perfil de degradação que se expande por várias regiões onde é praticada. Dentre as atividades antrópicas que interferem nos ambientes, é a atividade causadora de maiores impactos ambientais, tanto diretos, quanto indiretos, sendo estes positivos ou negativos.

A primeira razão deriva do fato de que o objeto da atividade mineral é a extração de um recurso natural, ao contrário de outros setores que simplesmente o incorporam à sua atividade produtiva.

Entretanto, é também um dos setores que mais cresce no país, fomentando a economia, gerando empregos e melhorando a qualidade de vida quando praticada com responsabilidade socioambiental, baseada nos preceitos de sustentabilidade, que visam garantir as futuras gerações o mesmo direito ao uso e disponibilidade dos recursos que as presentes populações.

Neste contexto, é imprescindível o desenvolvimento de estudos e pesquisas que visem subsidiar os processos de recuperação e monitoramento dos aspectos físicos e biológicos afetados, garantindo assim a viabilidade ambiental na operação desses empreendimentos.

Embora a legislação brasileira regulamente tanto os processos de extração como os de recuperação ambiental, estes enfrentam algumas dificuldades no que diz respeito aos altos custos de implantação e manutenção desses projetos e ainda os resultados obtidos que nem sempre favorecem os processos de resiliência ambiental que visam dar sustentabilidade aos ambientes recuperados.

Considerando importante a busca por alternativas viáveis para a recuperação de áreas degradadas, é importante investigar as alterações provocadas e os ambientes afetados para que se possam propor medidas de controle e gestão eficientes no monitoramento e recuperação ambiental de áreas degradadas pela mineração.

Sendo assim é imprescindível o desenvolvimento e implantação de projetos que sejam não só economicamente viáveis, mas também favoreçam no desenvolvimento de comunidades sucessionais sadias e sustentáveis. Garantindo assim um total

aproveitamento dos recursos investidos e a compensação socioambiental dos ambientes e comunidades alterados.

#### **4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A Mineração Morro Azul, com sede na Fazenda Água Limpa s/nº, está localizada no município de Pratápolis, sudoeste de Minas Gerais, cidade que tem aproximadamente 10.000 habitantes.

A mina e a usina de processamento de minério estão ligadas pôr estradas de terra e 04 km de extensão à rodovia MG- 050, distando igualmente 30 km de São Sebastião do Paraíso, cidade com aproximadamente 65.000 habitantes e Passos, com cerca de 100.000 habitantes, Itáú de Minas, cidade com cerca de 15.000 habitantes, e está situada a 12 km de Pratápolis, município à qual pertence o empreendimento, com aproximadamente 10.000 habitantes, que está situada a 15 km do complexo mineiro metalúrgico.

O acesso à mina propriamente dita é efetuado por estradas de terra construídas margeando o corpo serpentinizado. A figura 1 mostra a localização e coordenadas geográficas da área de estudo.

## Mapa de Localização da Área de Estudo

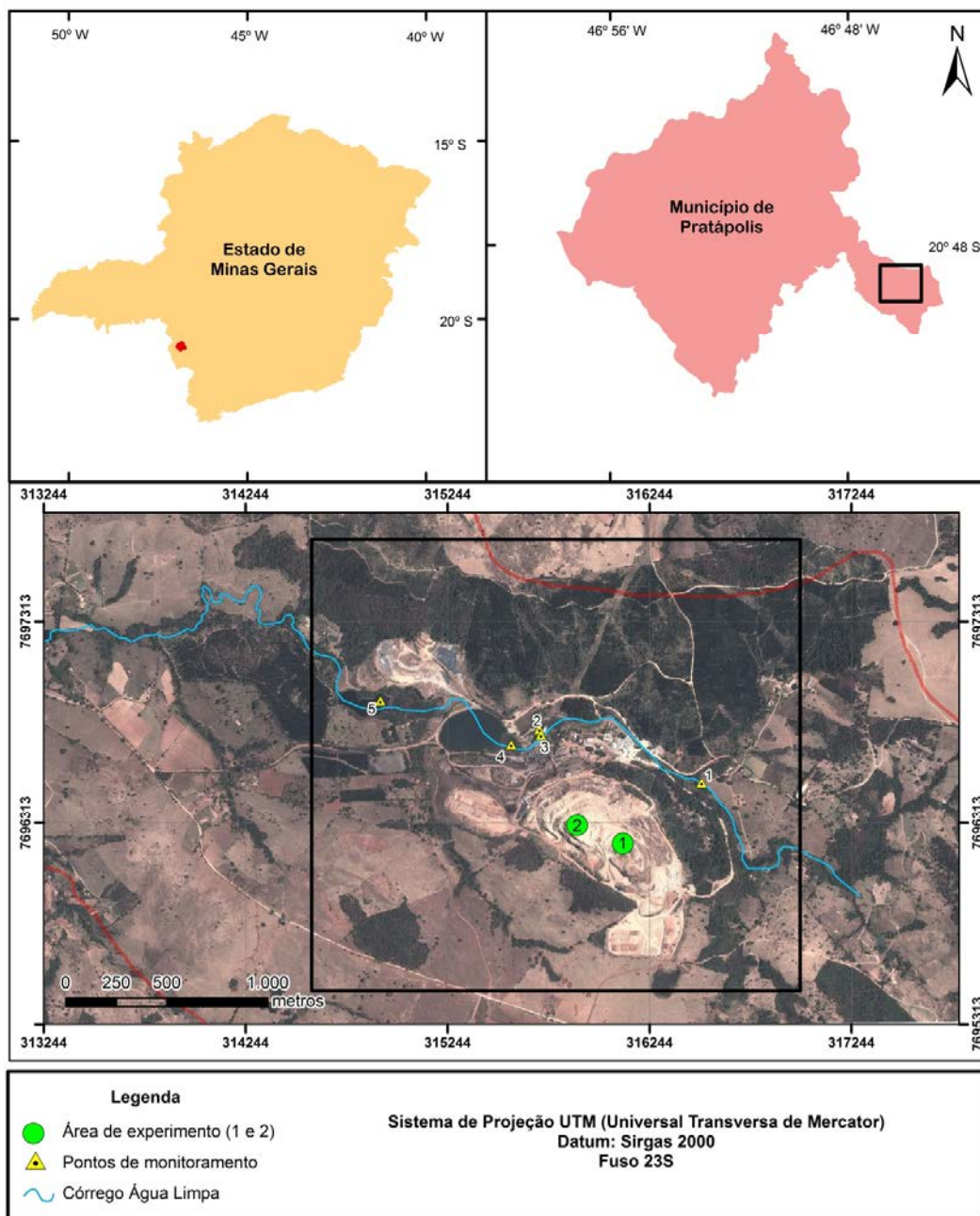


Figura 1- Localização do Empreendimento, pontos de coleta de água e áreas de experimento.

#### 4.1 CLIMA E METEOROLOGIA

Um dos principais fatores que controlam a atividade de mineração é o clima, uma vez que o período seco é a época que ocorre extração mais intensa. No período chuvoso a extração é prejudicada e muitas vezes a lavra cessa por vários dias por medida de segurança (FERREIRA, 2007).

Outro fator a ser considerado devido à sazonalidade é o aporte de sedimentos aos corpos hídricos durante os períodos de chuva mais intensos. Devido ao decaimento do solo pelos processos de lavra, abertura e manutenção das vias de acesso, e a remoção ou inexistência de vegetação nas áreas afetadas, os processos erosivos e de assoreamento nesses períodos são extremamente acentuados.

O clima da região sudoeste do estado de Minas Gerais é do tipo subtropical quente e úmido, variando de 3 a 5 meses secos ao ano, dependendo do local. Os altos topográficos dos planaltos do sul de Minas e da Serra da Canastra indicam temperaturas mais amenas, em contraste com as planícies dos rios que cortam a região, em especial a depressão do Rio Grande, que apresentam temperaturas mais elevadas.

Os dados apresentados a seguir, foram obtidos em três estações meteorológicas localizadas na região: Estação Meteorológica da UEMG/FESP (Passos – MG); Estação Meteorológica de Furnas (São José da Barra, distrito de Furnas – MG); Estação Meteorológica da COOXUPÉ (Monte Santo de Minas – MG). Todas as três estações estão em um raio inferior a 100 km do empreendimento, sendo a do município de Passos – MG a mais próxima (25 km) e por isto, deu-se prioridade aos dados desta estação, o que permitiu um estudo pormenorizado das características climáticas regionais.

Estes dados foram preponderantes na escolha dos períodos do ano mais indicados para a implantação dos processos de recuperação, tendo em vista importância da sazonalidade tanto na implantação, quanto no estabelecimento dos processos de recuperação a serem adotados.

O gráfico da figura 2 apresenta o índice de precipitação média mensal entre os anos de 1960 e 1990. Os dados demonstram que, os períodos com maiores incidências de chuva ocorrem geralmente no verão, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, com índices de precipitação superiores a 200 mm. Os meses mais secos ocorrem durante a estação de inverno, tendo os meses de junho, julho e agosto os menores índices médios de precipitação, ou seja, abaixo de 30 mm.

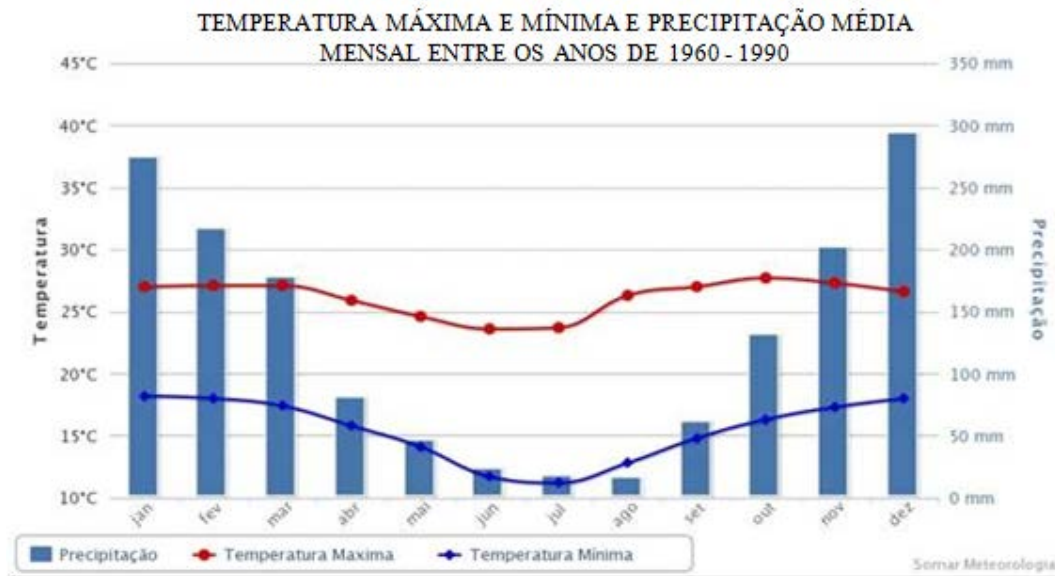


Figura 2 - Médias de precipitação e temperaturas máxima e mínima entre os anos de 1960-1990.

Os gráficos da figura 3 apresentam a pluviosidade acumulada anual entre os anos de 1990 a 2004, também, a pluviosidade média mensal nestes anos. Observa-se um ligeiro declínio da pluviosidade no início desta década, com relação a meados dos anos 90, baixando do patamar de 1500 mm, para 1400 mm. O mês com o maior índice pluviométrico é o mês de janeiro, com média de 290 mm; e os meses mais secos são junho, julho e agosto, com índices próximos de zero. Os dados de 2003, para os meses secos, não foram disponibilizados.

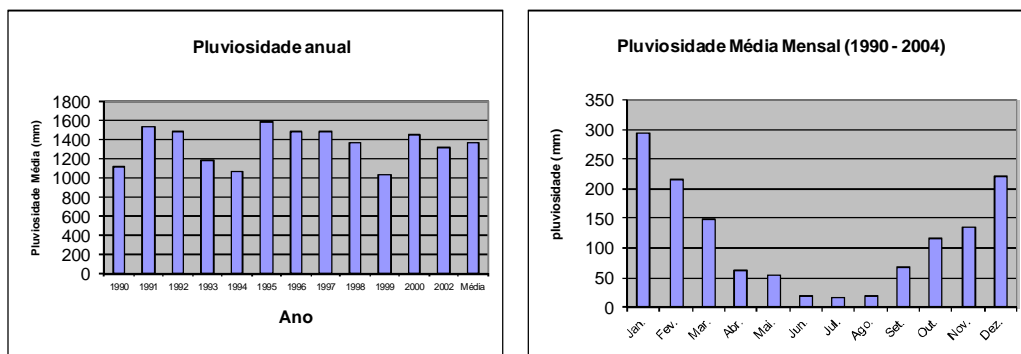


Figura 3 - Pluviosidade anual e média entre os anos de 1990-2004.

A figura 4 apresenta a pluviosidade média dos meses mais secos (junho, julho e agosto) e dos meses mais úmidos (dezembro, janeiro e fevereiro). Nos anos de 2002 e 2004 observa-se uma pluviosidade média entre 5 e 40 mm para os meses mais secos e de 150 a 300 mm para os meses mais úmidos.

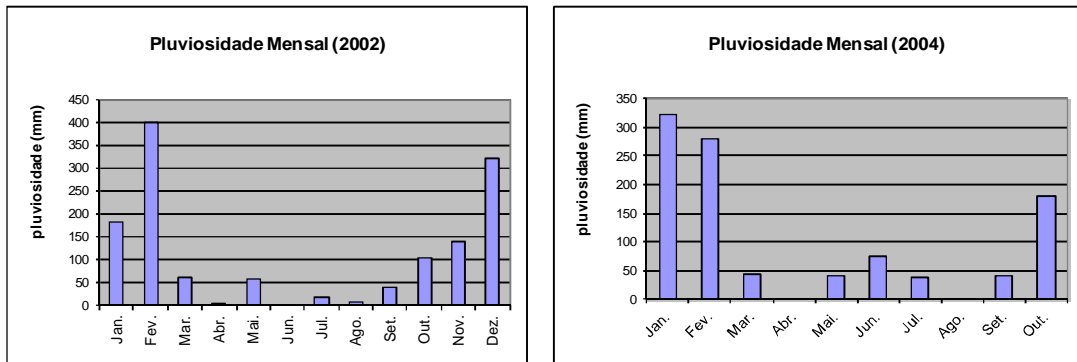


Figura 4 - Pluviosidade mensal nos anos de 2002 e 2004.

O gráfico da figura 5 apresenta a temperatura média mensal entre os anos de 1995 a 2004, e mostra variações entre 19 e 25 graus; os meses mais quentes são fevereiro e março e o mês mais frio é junho.

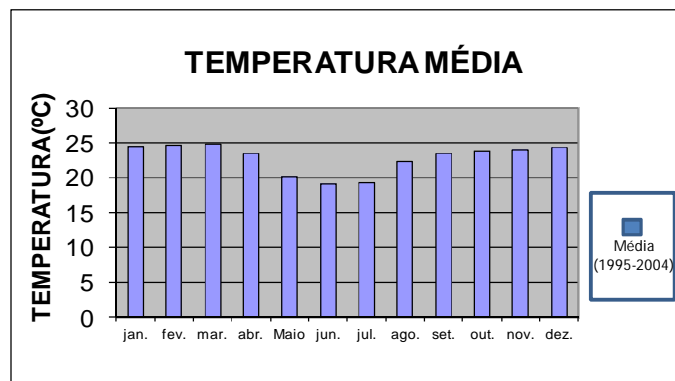


Figura 5 - Temperatura média mensal entre os anos de 1995 a 2004.

Os gráficos da figura 6 apresentam as temperaturas médias dos meses mais quentes (janeiro, fevereiro e março) e dos meses mais frios (maio, junho e julho) nos anos de 1995 a 2004. Observa-se, uma tendência de aumento da temperatura nos meses mais quentes e um declínio nos meses mais frios. Nos meses quentes a temperatura média permanece em torno de 24 graus e nos meses frios em torno de 20 graus.

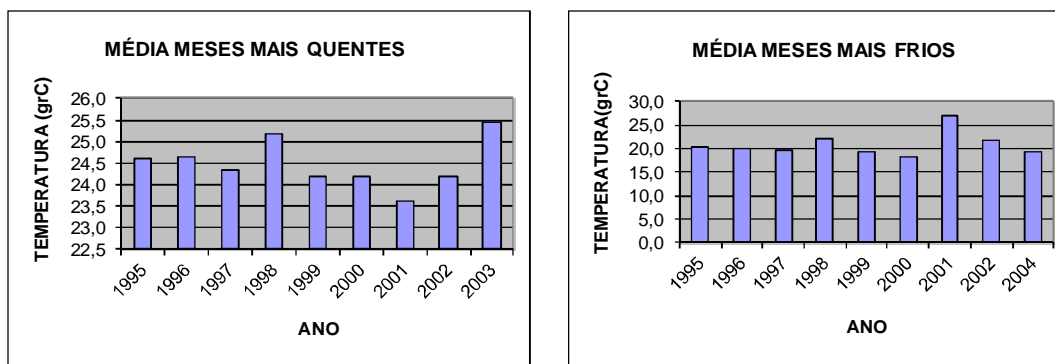


Figura 6 - Temperatura média anual para os meses mais frios e para os meses mais quentes, entre os anos de 1995-2004.

## 4.2 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

### 4.2.1 GEOLOGIA REGIONAL

A jazida de níquel da Mineração Morro Azul (MMA), encontra-se sobre um corpo de serpentinito encaixado em quartzitos, itabiritos, mármore e gnaisses do Grupo Araxá, do Proterozóico Médio. A região encontra-se encravada na porção sudoeste do Cráton São Francisco.

O Embasamento Gnáissico é representado por um núcleo central de ortognaisses grosseiros, localmente transicionando para migmatitos e granitos. Embutido nesse embasamento ocorre o *greenstone belt* Morro do Ferro, constituído de uma faixa alongada no sentido NW, podendo atingir cerca de 120 km de comprimento e 2 a 3 km de espessura composta por derrames e intrusões máficas e ultramáficas e sedimentos.

### 4.2.2 GEOLOGIA LOCAL

A área pertencente à Mineração Morro Azul, sucessora da Morro do Níquel S/A, caracteriza-se por um depósito representado por um morrote com 50,3 Km<sup>2</sup> de serpentinito com topo tabular e encostas bastante inclinadas. Este serpentinito encontra-se bastante fraturado, encaixado em uma sequência de rochas metamórficas (quartzitos, afibolitos, gnaisses, xistos e mármore) pertencentes a “Série Mina ” (SANTIVANES, 1965).

O serpentinito encontra-se bastante intemperizado, sendo que a rocha fresca só aparece em pedreiras abertas ao pé do morro. Landger, (1969) e Griffon e Richter, (1979), descreveram perfis de alteração capeando a rocha fresca, com uma primeira

camada de serpentinito intemperizado, coberta por um horizonte superior, chamado “Lixiviado” e predominantemente silicoso.

Os limites entre as diferentes fases de alteração de perfil de intemperismo apresentam superfícies praticamente horizontais ou com mergulhos suaves para nordeste. No total, a zona de intemperização atinge quase uma centena de metros de espessura. Portanto, as encostas do morro recortam os fácies sucessivos de alteração e se caracterizam pôr:

- Rocha Fresca – é um serpentinito com cor variando de cinza a preto, duro, maciço, de densidade 2,4 com numerosas fraturas preenchidas de rocha serpentina dura mais fibrosa e esverdeada, associadas a calcitas e brucitas brancas. A rocha fresca aflora somente a sudoeste na base do morro.
- Zona Intemperizada – (Zona intermediária) três horizontes que podem ser individualizados neste nível, de baixo para cima:

- Rocha Pouco Alterada – A passagem para rocha fresca pouco alterada é muito rápida. A cor torna-se bege ou cinza amarelada, a rocha permanece dura, compacta, com densidade ainda superior a 2. Algumas fraturas aparecem preenchidas de quartzo e de material branco pulverulento, serpentinoso e argiloso. A espessura desse primeiro horizonte raramente ultrapassa 10 m.

- Rocha Alterada – em direção aos níveis superiores, a alteração é mais desenvolvida. A rocha torna-se pouco a pouco friável, a densidade caindo de 2 até 1,5. A umidade aumenta até 10%, a cor varia de amarela a laranja. Notam-se ainda veios silicificados, preenchendo antigas fraturas da rocha.

- Zona Silicificada – nas encostas do morro só afloram um ou outro faceis anteriormente descritos, eventualmente com um pequeno recobrimento de solo vermelho, em parte remanejado a partir do topo do morro. Neste topo tabular, a zona intemperizada é capeada por uma camada de 15 a 20 m de espessura, chamada pelos mineradores de “lixiviada”. Trata-se de um boxwork silicoso (quartzo e calcedônia), cuja rede fina é uma réplica de reticulado de serpentina da rocha fresca. As cavidades podem ser preenchidas por serpentinito alterado até o fácies saprólito, ou parcialmente vazias. A densidade é muito baixa, por volta de 1 e parece que esta zona representa ainda o serpentinito, com estrutura conservada, porém, muito silicificada. Um solo vermelho latérico, pouco espesso (1 m), com numerosos fragmentos silicosos de boxwork, desenvolvido em cima da zona silicificada, recobre toda a superfície tabular do morro, e, sob forma de colúvio, em parte das encostas.

### 4.2.3 GEOMORFOLOGIA

O Sudoeste do Estado de Minas Gerais, região onde se localiza o empreendimento, apresenta a seguinte compartimentação geomorfológica, conforme CETEC (1983): Planalto Dissecado do Sul de Minas; Serra da Canastra e depressão do Rio Grande.

A depressão do Rio Grande corresponde a um amplo relevo rebaixado de colinas, com altitudes em torno dos 800 metros, desenvolvido em torno da drenagem do Rio Grande. A Serra da Canastra corresponde a planaltos, cristas e áreas dissecadas mais elevadas, delineadas sobre as estruturas rochosas do Grupo Canastra; apresenta cotas superiores a 800 metros. A unidade Planalto Dissecado do Sul de Minas, apresenta relevo de colinas com topos aplainados, vertentes côncavo-convexas e algumas planícies aluvionares, constituindo uma superfície com altitudes em torno de 1000 metros. No município de Pratápolis – MG, onde se localiza o empreendimento, ocorre esta última unidade geomorfológica.

Localmente, as altitudes variam de 1075 metros, no topo do Morro do Níquel, onde se encontra a mineração a céu aberto, e 850 metros, na planície do Córrego da Água Limpa, que corta o empreendimento. O Morro do Níquel, onde se encontra a mineração apresenta um relevo escarpado, com rochas aflorantes, com predomínio de declividades superiores a 45% e completamente descaracterizado pela atuação antrópica (Figura 7).

A leste do Morro do Níquel predominam colinas suaves a médias e é onde ocorrem as principais cabeceiras de drenagens da sub-bacia hidrográfica onde localiza-se o empreendimento. Predominam nesta faixa declividades em torno de 15%. Ao Sul ocorre uma ampla planície com declividades inferiores a 5% e, ao fundo, a serra que delimita a sub-bacia hidrográfica, com declividades superiores a 30%.



Figura 7 - Fotografia da Mineração Morro Azul, onde localiza-se a lavra a céu aberto.

A oeste do empreendimento ocorre um relevo de colinas médias e amplas, com declividades em torno de 10% e parte do vale delineado pelo Córrego da Água Limpa. Ao norte ocorre um morro com declividades em torno de 20% e a noroeste a outra parte do vale delineado pelo Córrego da Água Limpa.

#### **4.2.4 PEDOLOGIA**

Os solos da região foram classificados por Oliveira (IBGE/Radambrasil, 1989), como sendo do tipo cambissolos álicos mais os latossolos também álicos com eventual afloramento de rochas.

Foram analisados em campo, vários perfis de solo originais, dentro dos limites do Decreto de Lavra, os quais confirmam a presença tanto de cambissolos quanto de latossolos mencionados acima. O perfil genérico apresenta-se pouco desenvolvido com fase pedregosa a muito pedregosa. O relevo é ondulado e montanhoso sendo que o próprio Morro do Níquel apresenta esta feição. A textura é média e argilosa sendo o solo relativamente bem estruturado. Por isso, apesar do relevo a erodibilidade é aparentemente baixa.

Na área do Decreto de Lavra, os solos apresentam-se distróficos e álicos, o escleromorfismo alumínio tóxico, típicos de solos do cerrado, manifestam-se com frequência na vegetação nativa local. De um modo geral estes solos são utilizados agricolamente, apresentando como fatores limitantes o relevo e os altos teores de alumínio (GOODLAND e FERRI, 1979).

### 4.3 CARACTERIZAÇÃO DO DEPÓSITO MINERAL

#### 4.3.1 MINÉRIO

O minério é um serpentinito decomposto, níquelífero fraturado, onde é comum o enriquecimento por Garnierita (Ni, Mg) SiO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>O, cujos elementos principais são: Ni, Fe, S (Tabela 1).

Tabela 1 – Caracterização do Depósito Mineral.

<b>Nome</b>	Minério de Níquel
<b>Rocha</b>	Serpentinito Decomposto
<b>Densidade</b>	1,65
<b>Grupo</b>	Rochas Ígneas ou Magmáticas
<b>Origem</b>	Peridotito com alteração total em olivina
<b>Mineral</b>	Minério de Níquel
<b>Nome</b>	Ganierita – ( Ni Mg ) SiO <sub>3</sub> n H <sub>2</sub> O
<b>Origem</b>	Secundária
<b>Ocorrência</b>	Associado com a serpentina, provavelmente um produto de alteração do peridotito

Fonte: Plano de Aproveitamento Econômico (PAE, 2005).

## 4.4 RECURSOS HIDRICOS

Para a caracterização hidrográfica do local e adjacências, foi feito um levantamento de dados detalhado das características morfológicas e morfométricas da sub-bacia do Córrego da Água Limpa, onde localiza-se o empreendimento, e que é afluente do rio Santana (figura 9). Este levantamento foi realizado com base em literatura específica e também dados contidos no documento “Plano de Aproveitamento Econômico” – PAE, Capítulo 4, Item 4.1.2, pág. 10, apresentado ao DNPM durante os processos de reativação do empreendimento.

### 4.4.1 VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS

A metodologia adotada para este trabalho envolveu a interpretação de fotografias aéreas, na escala 1:30.000, datadas de 1989 e cujo concedente foi a CEMIG.

As variáveis morfométricas que foram utilizadas para a caracterização da sub-bacia do Córrego da Água Limpa foram as seguintes: Área da bacia (A), perímetro (P), maior comprimento (Mc), largura média (Lm), índice de circularidade (Ic), fator topográfico (Ft), amplitude altimétrica máxima (Hm), relação de relevo (Rr), número total de canais de 1ª ordem (N1), comprimento total da rede de drenagem (Lt), densidade de drenagem (Dd), densidade hidrográfica (Dh) e extensão do percurso superficial.

A bacia hidrográfica do Córrego da Água Limpa é uma bacia de 5ª ordem de ramificação (figura 8). Trata-se de uma sub-bacia da bacia hidrográfica do Rio Santana, que por sua vez deságua no Rio São João, bem próximo da Represa de Peixoto (Rio Grande). Esta sub-bacia hidrográfica está na área de gestão do Comitê das Bacias Hidrográficas dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande GD7, (figura 9). Os resultados obtidos na análise morfométrica estão apresentados na (tabela 2).

Tabela 2 – Índices Morfométricos da Sub-bacia do Córrego da Água Limpa

<b>Área da bacia hidrográfica</b>	<i>23,3 km<sup>2</sup> ou 23.303.108 m<sup>2</sup></i>
<b>Perímetro da bacia</b>	<i>24, 1 km ou 24.064 m</i>
<b>Maior comprimento</b>	<i>7,3 km ou 7.307 m</i>
<b>Largura média</b>	<i>3,2 km ou 3.189 m</i>
<b>Índice de circularidade</b>	<i>0,51</i>
<b>Amplitude altimétrica máxima</b>	<i>370 m</i>
<b>Relação de relevo</b>	<i>50,64 m/km</i>
<b>Comprimento total dos canais</b>	<i>54,9 km ou 54.886,3 m</i>
<b>Número de canais de 1<sup>a</sup> ordem</b>	<i>75</i>
<b>Densidade hidrográfica</b>	<i>3,22</i>
<b>Densidade de drenagem</b>	<i>2,36</i>
<b>Extensão do percurso superficial</b>	<i>211,86 m</i>
<b>Fator topográfico</b>	<i>83,16</i>
<b>Área da bacia hidrográfica</b>	<i>23,3 km<sup>2</sup> ou 23.303.108 m<sup>2</sup></i>

Fonte - Plano de Aproveitamento Econômico (PAE, 2005).

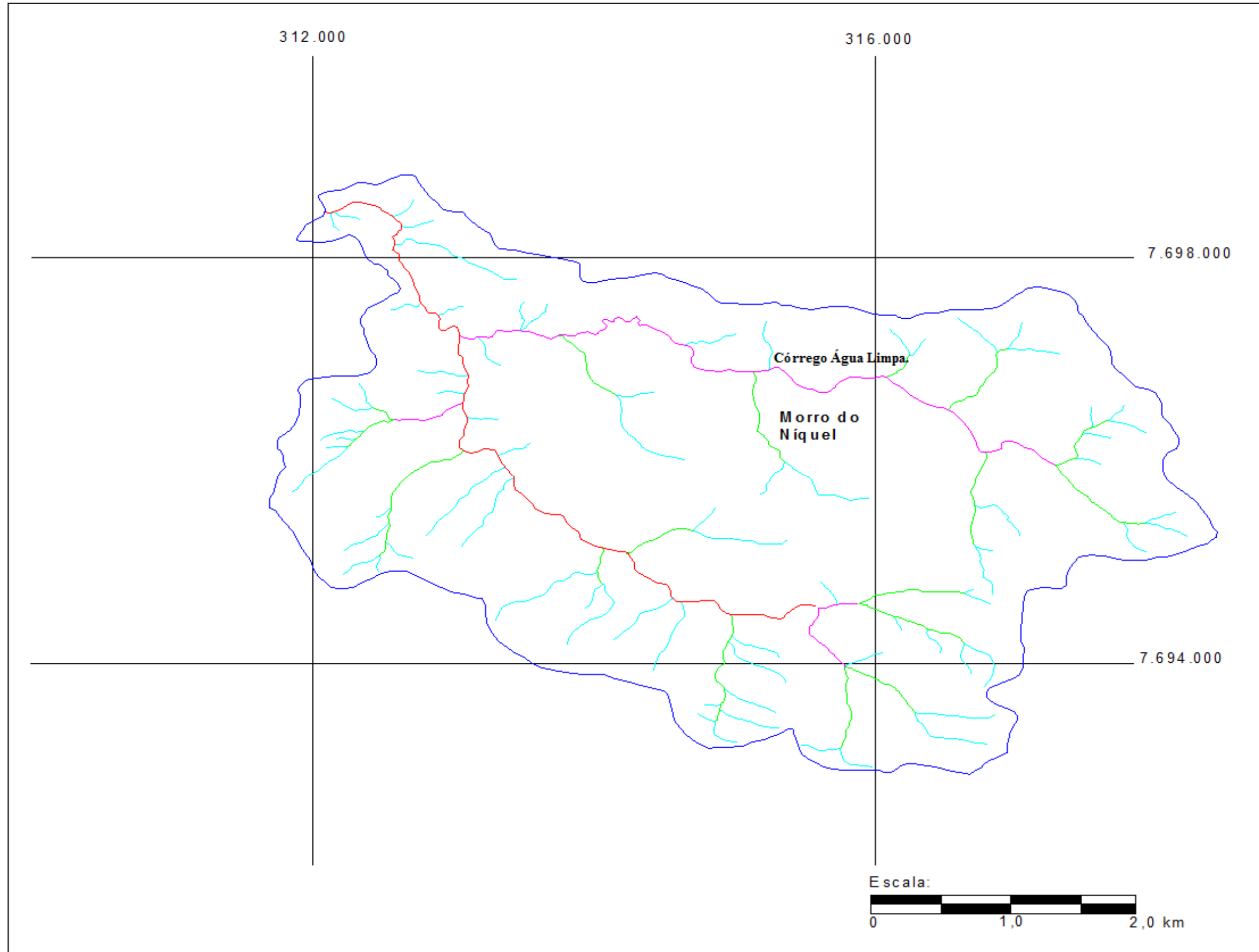


Figura 8 - Drenagem da sub-bacia hidrográfica do Córrego da Água Limpa, onde se localiza o empreendimento. (PAE, 2005).

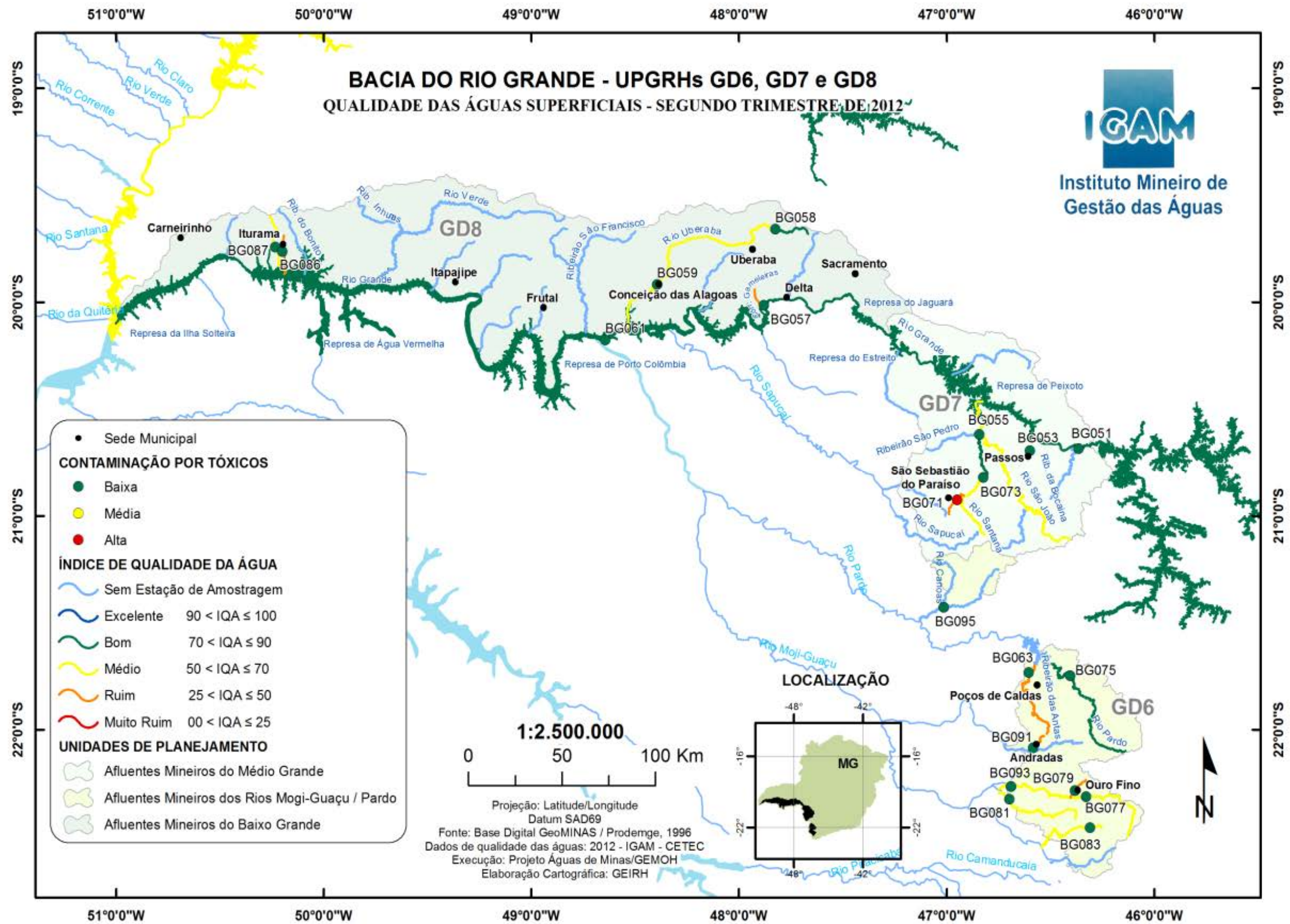


Figura 9 - Bacia Hidrográfica do Rio Grande UPGRHs GD6, GD7, GD8.

Fonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas (<http://www.igam.mg.gov.br>)

Conforme pode ser observado na figura 8 e na tabela 2, trata-se de uma bacia de pequeno porte, com cerca de 23 km<sup>2</sup>, com índice de circularidade de 0,5 o que corresponde a bacia com forma mediamente alongada. A relação de relevo, que indica a declividade média da bacia, apresenta um valor alto, se comparado com bacias do mesmo porte estudadas por (COLLARES, 2000).

Com relação à rede de drenagem, todos os canais somados apresentam uma extensão de, aproximadamente, 55 km. A sub-bacia apresenta baixos valores de Densidade Hidrográfica e Densidade de Drenagem, indicando um predomínio de escoamento superficial das águas, em detrimento ao escoamento linear. O Fator topográfico, em função dos baixos valores da densidade hidrográfica e do índice de circularidade baixo, indica baixa susceptibilidade à inundação, e alta susceptibilidade à erosão, quando na ausência de cobertura vegetal.

#### 4.4.2 PROCESSOS EROSIVOS E DE ASSOREAMENTO

O empreendimento está localizado no setor nordeste, na porção média alta da bacia (anexo 1). O córrego da Água Limpa, no segmento que transsecta o empreendimento está represado por três barramentos de pequeno e médio porte que abastecem a empresa e as residências das proximidades.

Do ponto de vista sedimentológico, considerando o aporte de sedimentos desencadeado pelos processos erosivos da mina ao curso d'água (figura 10), esses barramentos têm como principal finalidade, a contenção desses sedimentos, através da decantação por gravidade (figura 11).



Figura 10 - Canaletas de drenagem da mina direcionando o fluxo de água e sedimentos para os barramentos 1 e 2. (Fotos do autor).

Devido a isso os barramentos durante um longo período em que operou o empreendimento, eram dragados periodicamente (figura 11). O material retirado dos barramentos era direcionado a decantadores artificiais ou silos para a contenção e secagem dos sedimentos e, evitar o assoreamento do córrego a jusante do seu curso (figura 12). Fica claro que o monitoramento dos parâmetros de qualidade da água tornam-se parte preponderante na preservação dos recursos hídricos afetados.

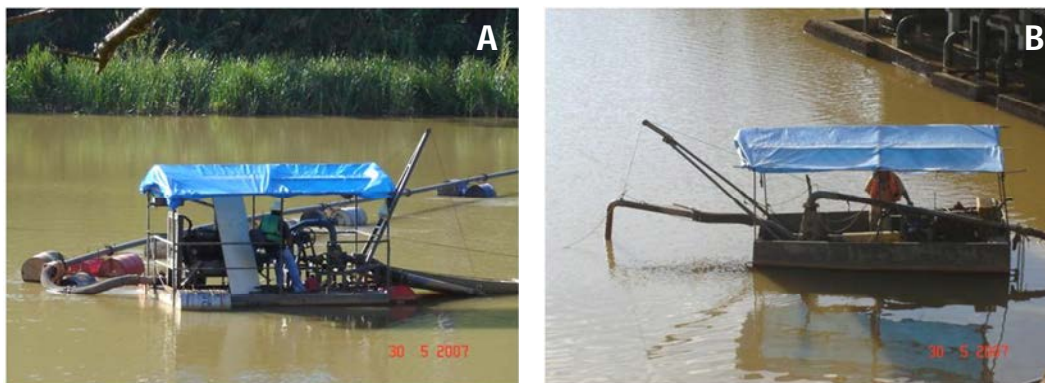


Figura 11 - Processo de dragagem, em A barramento 1 e em B barramento 2. (Fotos do autor).



Figura 12 - Em A bacia de decantação de sedimentos, em B e C silo utilizado na secagem de sedimento. (Fotos do autor).

O sedimento retirado dos barramentos era depositado em decantadores artificiais e após a secagem, na maioria das vezes, depositado em cavas desativadas na própria mina. Porém os altos custos de operação interromperam este processo, tendo sido então,

adotadas medidas alternativas para conter os processos erosivos e de assoreamento ocorrentes no local.



Figura 13 - Em A e B, Processo de erosão laminar e assoreamento do córrego água limpa, barramento 3, período chuvoso. Em C e D Bacias de contenção no entorno da mina.  
(Fotos do autor).

A figura 13 mostra em A e B, as bacias de decantação implantadas nas vias de acesso à mina, como medida alternativa para diminuir a velocidade de escoamento da água, e retenção dos sedimentos carreados. Contudo não existem até o momento, estudos no que tange o monitoramento da água para avaliação das alterações nela ocorridas, e a eficiência das caixas de decantação no controle dos parâmetros sedimentológicos da água no curso hídrico mencionado.

#### 4.5 VEGETAÇÃO

Na microbacia do córrego água limpa onde localiza-se o empreendimento, a vegetação é caracterizada como sendo área de transição entre a mata atlântica e o cerrado. Podendo também ser definida como Floresta Estacional Semidecídua, uma das formações pertencentes ao domínio da Mata Atlântica, presente no interior do Brasil. É

caracterizada por duas estações climáticas bem definidas, com um inverno frio e seco, e o verão quente e úmido.

Distingui-se por ser composta de 20 a 50% de espécies caducifólias, que perdem parte das folhas no período de inverno (VELOSO *et al.*, 1991). As florestas estacionais semidecíduas ocupavam grandes extensões principalmente nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo. Essas florestas foram historicamente fragmentadas, de forma que os ciclos de desenvolvimento econômico, como o da cana-de-açúcar e do café, a modernização da agricultura, a expansão da mineração, e a industrialização causaram em grande parte a devastação desse bioma.

Os locais de ocorrência desta vegetação apresentam como característica, a presença de solos férteis, tornado-se assim, as primeiras a serem desmatadas para a expansão das fronteiras agrícolas (DURIGAN *et al.*, 2000). Por isso, está situada em regiões de grande ocupação antrópica, com atividades agrícolas, extração mineral e forte urbanização. É considerada a formação vegetacional mais degradada no país, com aproximadamente 4% da sua distribuição original, permanecendo em pequenos fragmentos florestais isolados (CASTANHO, 2009).

Na área abrangida por este estudo, os remanescentes florestais apresentam-se bastante fragmentados, ou em processo de fragmentação, devido aos processos de extração que resultam na perturbação permanente dos ambientes de entorno e conseqüentemente na degradação dessas áreas.

As figuras 14 e 15 ilustram a atual situação dos remanescentes florestais existentes na área de estudo, bem como evidencia o processo de degradação desencadeado pela atividade de extração no local. O anexo 1, ilustra a delimitação da micro-bacia do córrego Água Limpa, bem com a localização da mineração na microbacia e ainda os pontos de monitoramento de água e os respectivos barramentos existentes no córrego.

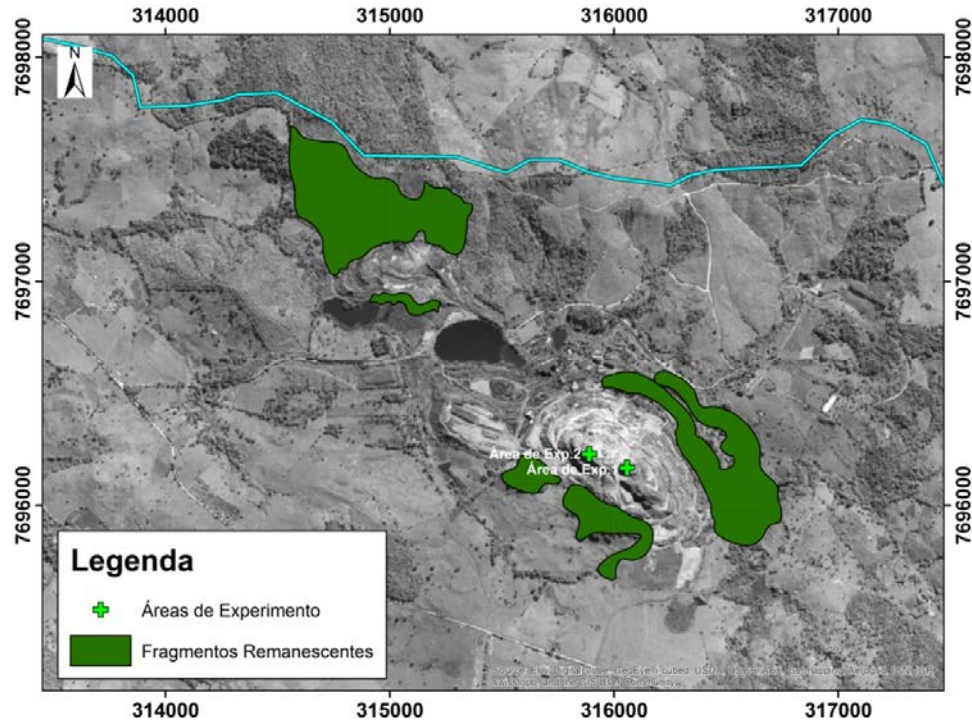


Figura 14 - Imagem de satélite ilustrando os fragmentos florestais remanescentes e áreas de experimento 1 e 2 implantadas na mina.



Figura 15 - Fragmento de remanescente florestal ao lado da mina. (Foto do autor).

## 5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

### 5.1 MEIO AMBIENTE: ASPECTOS FUNDAMENTAIS

O conceito “meio ambiente”, no campo do planejamento e gestão ambiental, é amplo, multifacetado e maleável. Amplo, pois, pode incluir tanto a natureza, como os sistemas socioeconômicos, multifacetado porque pode ser visualizado sob diferentes perspectivas, maleável porque, ao ser amplo e multifacetado, pode ser reduzido ou ampliado de acordo com a necessidade dos analistas ou interesses dos envolvidos (SÁNCHEZ 2006).

Do ponto de vista biológico, “meio ambiente”, é um conjunto de todas as condições e influências externas que afetam a vida e o desenvolvimento dos organismos, favorecendo ou não a “perpetuação de sua prole”.

Segundo Sánchez (2006), o termo “ambiente” deve ser definido de acordo com sua área de aplicação. Uma rápida consulta às leis de diferentes países mostra as similaridades e diferenças na definição do termo “ambiente”.

No Brasil, o termo “ambiente” é definido legalmente como sendo, “Um conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química ou biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, art. 3º, I), alterada pela Lei Complementar nº 140, de 8 de Dezembro de 2011.

Uma definição mais complexa defende o termo “meio ambiente”, como sendo um jogo de interações complexas entre o meio de suporte (elementos abióticos), os elementos vivos (elementos bióticos) e as práticas sociais produtivas do homem. O todo ambiental compreende: fauna, flora, processos físicos naturais, biogeociclos, riscos naturais, utilização do espaço pelo homem. A apreciação da importância desses elementos está diretamente ligada à cultura, à classe social e as atividades de cada indivíduo. Isso faz com que o meio ambiente não seja uma realidade uniforme, que poderia, por exemplo, ser mapeada. Seu conteúdo deve ser definido por quem está “envolvido” (GRINOVER, 1989).

Estando o ser humano diretamente ligado às alterações que negativamente afetam o meio ambiente, é necessário entender como se dão os processos de degradação e poluição causados pela ação antrópica, e os perigos que essas alterações representam.

O termo degradação ambiental é de conotação claramente negativa, seu uso na “moderna literatura científica e de divulgação é quase sempre ligado a uma mudança artificial ou perturbação de causa antrópica, é geralmente uma redução percebida das condições naturais ou estado de um ambiente” (JOHNSON *et al.*, 1997). A degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas; a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada; e a qualidade e regime de vazão do sistema hídrico for alterado. A degradação ambiental ocorre quando há perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas e é inviabilizado o desenvolvimento socioeconômico (IBAMA, 1990).

Johnson *et al.*, (1997), defende ainda que, o agente causador de degradação ambiental é sempre o ser humano: “processos naturais não degradam ambientes, apenas causam mudanças”

A degradação refere-se a qualquer estado de alteração de um ambiente e a qualquer tipo de ambiente. O ambiente construído degrada-se, assim como os espaços naturais. Tanto o patrimônio natural como o cultural, podem ser degradados, descaracterizados ou até mesmo destruídos. A degradação pode ser percebida em diferentes graus. O grau de perturbação pode ser tal que o ambiente se recupere espontaneamente; mas a partir de certo nível de degradação, a recuperação espontânea pode ser impossível ou somente se dará num período muito longo, desde que, a fonte de perturbação seja retirada ou reduzida. A maioria das vezes é necessária à aplicação de ações corretivas.

Após a revolução industrial nos séculos XVIII e XIX, com o crescimento exponencial da população mundial e o conseqüente aumento da demanda e utilização dos recursos naturais iniciou-se um descontrolado quadro de degradação ambiental visto que, toda forma de extração e ou utilização dos recursos naturais, resulta numa alteração estrutural e até mesmo funcional do meio ambiente.

Já o termo “poluição”, também de conotação claramente negativa, pode ser entendido como qualquer alteração dos fatores abióticos (ar, solo, água), sendo estas prejudiciais à manutenção da vida.

O verbo poluir é de origem latina, *polluere*, e significa profanar, manchar, sujar. Poluir e profanar a natureza, sujando-a. Basicamente a poluição é entendida como uma condição do entorno dos seres vivos (água, ar, solo), que lhes possa ser danosa. As causas da poluição são as atividades humanas que, no sentido etimológico, “sujam” o ambiente. (SÁNCHEZ, 2006).

Segundo Gomes (2005), poluição é a introdução de agentes químicos, físicos ou biológicos em um sistema ambiental, em quantidade suficiente para provocar anomalias ou deterioração de bens naturais.

A Lei Federal 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), define poluição como: A degradação da qualidade ambiental resultante de ações humanas que direta ou indiretamente:

- Prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- Criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- Afetem desfavoravelmente a biota;
- Afetem as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- lancem matéria ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

## **5.2 IMPACTOS AMBIENTAIS: CONCEITOS BÁSICOS**

Impacto ambiental é qualquer alteração positiva ou negativa causada pela ação humana em um sistema ambiental. Além dessa simples definição, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), através da resolução 001/86, estabeleceu diretrizes gerais para a caracterização apropriada ao termo “impacto ambiental”.

Segundo a RESOLUÇÃO Nº 001/1986 do CONAMA, Impacto Ambiental “é qualquer alteração das propriedades físicas, biológicas e químicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem: a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do ambiente; a qualidade ambiental”. De acordo com um enfoque funcionalista, impacto é qualquer fator ou perturbação que tende a desequilibrar o estado de equilíbrio estável em que se encontra um sistema. Já um enfoque estruturalista, define impacto ambiental como fatores, ou condições de um sistema, que levem a mudanças estruturais do mesmo. (TOMMASI, 1994).

Já o termo “impacto ambiental”, é definido como qualquer alteração física ou funcional em qualquer dos componentes ambientais. Essa alteração pode ser qualificada e, muitas vezes, quantificada. Podendo ser favorável ou não ao ecossistema ou à sociedade humana. (TOMMASI, 1994).

Várias ações humanas causam significativo impacto ambiental, sem que estejam fundamentalmente associados à emissão de poluentes, como por exemplo, a extração

mineral, cujo grande potencial degradador causa, na maioria dos casos, danos permanentes e irreversíveis ao meio ambiente.

A degradação da área é inerente ao processo de mineração. A intensidade desta degradação depende do volume, do tipo de mineração e dos estéreis e rejeitos produzidos. A recuperação destes estéreis e rejeitos deve ser considerada como parte do processo de mineração. Esta recuperação deve resultar numa paisagem estável, em que: a poluição do ar e da água deve ser minimizada, a terra deve voltar a ser autossuficiente e produtiva, o habitat da fauna deve ser restabelecido, e uma paisagem esteticamente natural deve ser formada.

A ação de recuperação, cuja intensidade depende do grau de interferência havida na área, deve receber o mesmo nível de importância dado à obtenção do bem mineral.

É importante esclarecer que há uma diferença entre os conceitos “impacto ambiental” e “poluição”, este último, muito utilizado após a década de 80. Enquanto “poluição” tem somente uma conotação negativa, o termo “impacto ambiental”, embora tenha sua conotação negativa, pode ser também positivo, quando o impacto traz benefícios e melhorias à sociedade ou ao meio ambiente, como geração de empregos e renda para uma comunidade.

### **5.3 LEGISLAÇÃO**

Em primeiro lugar, faz-se necessário citar a resolução do CONAMA Nº 369, de 28 de março de 2006. Esta Resolução define os casos excepcionais em que o órgão ambiental competente pode autorizar a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente (APP) para a implantação de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social, ou para a realização de ações consideradas eventuais e de baixo impacto ambiental.

O art. 7º regulamenta a intervenção ou supressão de vegetação em APP para a extração de substâncias minerais, observado o disposto na Seção I desta Resolução, fica sujeita à apresentação de Estudo de Impacto Ambiental - EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) no processo de licenciamento ambiental, bem como a outras exigências, entre as quais:

I - demonstração da titularidade de direito mineral outorgado pelo órgão competente do Ministério de Minas e Energia, por qualquer dos títulos previstos na legislação vigente;

- II - justificação da necessidade da extração de substâncias minerais em APP e a inexistência de alternativas técnicas e locacionais da exploração da jazida;
- III - avaliação do impacto ambiental agregado da exploração mineral e os efeitos cumulativos nas APP's, da sub-bacia do conjunto de atividades de lavra mineral atuais e previsíveis, que estejam disponíveis nos órgãos competentes;
- IV - execução por profissionais legalmente habilitados para a extração mineral e controle de impactos sobre meio físico e biótico, mediante apresentação de Anotação de Responsabilidade Técnica - ART, de execução ou Anotação de Função Técnica-AFT, a qual deverá permanecer ativa até o encerramento da atividade minerária e da respectiva recuperação ambiental;
- V - compatibilidade com as diretrizes do plano de recursos hídricos, quando houver;
- VI - não localização em remanescente florestal de mata atlântica primária.

§ 1º No caso de intervenção ou supressão de vegetação em APP para a atividade de extração de substâncias minerais que não seja potencialmente causadora de significativo impacto ambiental, o órgão ambiental competente poderá, mediante decisão motivada, substituir a exigência de apresentação de EIA/RIMA pela apresentação de outros estudos ambientais previstos em legislação.

No tocante, a recuperação de áreas degradadas é regulamentada pela Lei Federal Nº 9.985, de 18 de Julho de 2000, que é assim definida:

A recuperação de áreas degradadas está intimamente ligada à ciência da restauração ecológica. Restauração ecológica é o processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído. Um ecossistema é considerado recuperado – e restaurado – quando contém recursos bióticos e abióticos suficientes para continuar seu desenvolvimento sem auxílio ou subsídios adicionais.

A Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, em seu art. 2º, distingue, para seus fins, um ecossistema “recuperado” de um “restaurado”, da seguinte forma:

Art. 2º Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:

- XIII - recuperação: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original;
- XIV - restauração: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original;

### 5.3.1 BASE LEGAL

Acima de tudo, a recuperação de áreas degradadas encontra respaldo na Constituição Federal de 1988, em seu art. 225: Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º - Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

I - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

§ 2º - Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

Ademais, a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, menciona:

Art. 2º - A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios:

VIII - recuperação de áreas degradadas art. 4º - A Política Nacional do Meio Ambiente visará:

VI - a preservação e restauração dos recursos ambientais com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente, concorrendo para a manutenção do equilíbrio ecológico propício à vida;

Ainda, a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção de vegetação nativa e substituiu o Código Florestal, alterada pela Medida Provisória Nº 571, de 25 de maio de 2012, trata em diversos artigos, por exemplo: artigos 1º-A, 7º, 17, 41, 44, 46, 51, 54, 58, 61-A, 64, 65 e 66) de ações organizadas entre o setor público e a sociedade civil para promover a recuperação de áreas degradadas.

### 5.4 SEDIMENTOLOGIA

Os termos erosão e sedimentação envolvem os processos de erosão, transporte e deposição de partículas sólidas, o que é usualmente chamado de sedimento. Esses

processos têm estado ativos através do tempo geológico e têm sido agentes modeladores do relevo do planeta.

A erosão, o transporte e a sedimentação podem causar sérios problemas de engenharia, bem como ambientais. Atividades humanas introduzem uma profunda influência na erosão. Sob determinadas circunstâncias, as taxas de erosão são 100 vezes maiores, com a interferência humana, do que seria apenas considerando-se em termos geológicos. A erodibilidade do material natural recebe forte interferência de perturbações na estrutura do solo por tratamento inadequado, seja em práticas agrícolas ou em uso para obras de engenharia e extração mineral. A camada protetora do solo (vegetação) é enfraquecida por fogo, supressão, aração, etc.

Segundo Carvalho (2000), além de produzir sedimentos de forma prejudicial, a erosão causa sérios prejuízos às terras agricultáveis, reduzindo a fertilidade e produtividade do solo. As condições de escoamento superficial e as características hidráulicas de canais naturais são exacerbadas pelo aumento da área de drenagem e pela alteração das suas feições morfológicas originais, como por exemplo, o surgimento de meandros. A erosão severa pode ocorrer durante a construção de rodovias, autoestradas e extração de minérios, onde a vegetação de proteção é retirada e alterações na declividade natural são realizadas sem as devidas precauções. A erosão local causa sérios problemas e o "efeito-de-lavagem" dessas áreas erodidas se faz sentir a dezenas e até centenas de quilômetros a jusante da origem do problema.

Operações de minas também podem introduzir grande volume de sedimentos no meio natural. Áreas de lavra a céu aberto ou de rejeito favorecem a ação erosiva das chuvas por muitos anos, mesmo após a exploração da mina ter cessado. Causam problema de instabilidade nos canais naturais, gerando dificuldades, em alguns casos, para a navegação, além de introduzir fatores que tornam ainda mais complexas as respostas do sistema fluvial.

O trabalho de controle exercido por rios e canais fluviais naturais tem grande influência no processo de erosão. O estreitamento de canais, aumentando a declividade da linha d'água e a velocidade de fluxo, favorece o início da erosão do canal.

Algumas vezes, essa erosão pode vir a ser benéfica, reestruturando a morfologia do canal, e também aumentando a sua capacidade de fluxo. Retrabalhamento de material erodido em trechos de jusante também pode ser fator para iniciar outro ciclo de erosão numa bacia (CARVALHO, 2000).

O transporte de sedimentos afeta a qualidade da água e a possibilidade para o consumo humano ou seu uso para outras finalidades. Numerosos processos industriais não toleram mesmo pequenas porções de sedimentos em suspensão na água. Esse fato envolve muitas vezes enormes gastos públicos para a solução do problema. A construção de barragens tem influência na estabilidade do canal natural. Essa influência se dá principalmente de duas maneiras:

- 1) Retendo o sedimento afluente; e
- 2) Modificando o fluxo natural e o carreamento dos sedimentos para jusante.

Os sedimentos não são somente um dos maiores poluentes da água, mas também servem como catalisadores, carreadores e como agentes fixadores para outros agentes poluidores (CARVALHO, 2000).

Carvalho (2000) defende ainda que o sedimento sozinho degrada a qualidade da água para consumo humano, para recreação, para o consumo industrial, infraestrutura hidroelétrica e vida aquática. Adicionalmente, produtos químicos e lixo são assimilados sobre e dentro das partículas de sedimento. Trocas iônicas podem ocorrer entre o soluto e o sedimento. Dessa forma as partículas de sedimento agem como um potencializador dos problemas causados por pesticidas, agentes químicos decorrentes do lixo, resíduos tóxicos, nutrientes, bactérias patogênicas, vírus, etc.

Os problemas causados pela deposição de sedimentos são vários. No entanto, o sedimento é vital no que tange à conservação, desenvolvimento e utilização do solo e dos recursos hídricos. Com a rápida expansão da população e a conseqüente demanda por infraestrutura, alimento e produtos derivados do solo e da água, a simples exploração deve ser repensada e o gerenciamento integrado do sistema solo-água deve ser enfatizado.

No caso do Brasil, e mais especificamente do setor elétrico, sendo mais de 90% da energia elétrica de fonte hidráulica, é preciso planejar e trabalhar a questão em parceria com os demais usuários da bacia hidrográfica de contribuição aos reservatórios das centrais hidroelétricas.

#### 5.4.1 MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO

Segundo Jardim (2011, apud DERISIO, 2000, p.4) a qualidade da água é representada por um conjunto de características intrínsecas, geralmente mensuráveis. O conjunto dos elementos que a compõe, assegura determinado uso ou o conjunto de usos, bem como permite o estabelecimento de padrões de qualidade e classificação da água.

As pesquisas destinadas a analisar a qualidade da água estão focadas principalmente nas águas superficiais, pois estas são as principais fontes de abastecimento, recreação, agricultura e paisagismo (JARDIM, 2011, p.3 apud PEIXOTO *et al.*, 2003).

A qualidade destas águas superficiais constitui um importante fator no diagnóstico da bacia hidrográfica e atua como um parâmetro indicador dos impactos do uso e ocupação do solo (JARDIM, 2011, p.4 apud MARGALEF, 1983).

A entrada destes poluentes nos corpos hídricos altera os diversos componentes presentes na água, promovendo modificações em suas características físicas, químicas e biológicas. A Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005), estabelece limites aceitáveis para diversos parâmetros na água, classificando o corpo hídrico de acordo com o seu uso. A classificação padroniza os corpos d'água e permite a adoção de medidas para se manter o nível de qualidade determinada.

Na Portaria 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) estão estabelecidos os limites aceitáveis para os parâmetros relacionados ao padrão de potabilidade. Esta portaria fixa normas, procedimentos e recomendações relativas ao controle da qualidade da água para abastecimento humano.

Jardim (2011 apud ROUD, 1965, p.5) relata que dentre as águas superficiais se encontram os ecossistemas lóticos e os ecossistemas lênticos, sendo que as principais diferenças entre estes ambientes incluem: existência, em ambientes lóticos, de um fluxo contínuo unidirecional; ausência de estratificação térmica e fluxo mais intenso de materiais e nutrientes. E ainda, que os ambientes lóticos são caracterizados por possuírem alto nível de heterogeneidade espacial (diferenças de profundidade e velocidade do fluxo) e temporal (variações das condições climáticas), fornecendo um habitat que difere dos ambientes lênticos, pois estão sujeitos às mudanças ao longo de seu percurso, associadas com as propriedades físicas e químicas do ambiente. Desta forma, ambientes lóticos formam um mosaico de habitats característicos, onde são encontradas espécies tipicamente adaptadas a eles.

Desta forma, as características dos sistemas lóticos estão intimamente ligadas à natureza da bacia de drenagem e as propriedades físicas, químicas e biológicas destes ambientes os quais refletem as características da geologia, da vegetação, da ação antrópica e do declive do leito (HORNE & GOLDMAN, 1994).

Almeida e Schwartzbold (2003) observam dois fatores relevantes que interferem na qualidade da água de um rio: o espacial e o sazonal. O fator espacial está associado à localização geográfica dos usos impactantes como as áreas agrícolas, indústrias e centros urbanos. Já o fator sazonal está associado às variações de pluviosidade e vazão, que interferem em variáveis como pH, turbidez, sólidos totais e em suspensão. A intensidade das alterações no solo e na água tem sua magnitude e abrangência reguladas pelo tipo de atividade desenvolvida e pela forma como é conduzida.

## **5.5 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**

É de extrema importância a demanda por se reduzirem os impactos das atividades de mineração, fazendo uso de medidas mitigadoras. Os principais prejuízos causados pela mineração são: a perda da biodiversidade, a perda da fertilidade dos solos, e a interferência nos recursos hídricos (MOREIRA, 2004).

Recuperar uma área degradada não significa retorná-la exatamente às condições originais, não há como recompor uma área desta maneira. O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) tem a seguinte definição de recuperação: é a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente da sua condição original ou mais próximo possível de sua condição original. O IBAMA (1990), define recuperação como o retorno de áreas degradadas a uma forma de utilização tecnicamente compatível em conformidade com os valores ambientais, culturais e sociais.

Kageyama (2000) refere-se à restauração como: “a reconstrução de um novo sistema o mais semelhante possível, de modo a criar condições de diversidade renovável, em que as espécies regeneradas artificialmente tenham condições de ser autossustentáveis ou que sua reprodução esteja garantida e a diversidade genética em suas populações possibilite a continuidade de evolução das espécies”.

Desta forma, a ideia central para elaboração de um plano de recuperação é realizá-la de forma que o ambiente recuperado consiga condições para se restabelecer e em um dado momento seja autossustentável. Para isto é necessário que um programa de

monitoramento seja elaborado e executado até que se atinjam estas condições (ALMEIDA, 2006).

### **5.5.1 RECUPERAÇÃO, RABILITAÇÃO E RESTAURAÇÃO.**

Para a desativação ou encerramento das atividades de lavra, existe uma série de condicionantes a serem cumpridas. A legislação prevê uma série de medidas nas esferas ambiental e social para a mitigação dos impactos socioambientais inerentes ao fechamento de mina.

Essas medidas fazem-se necessárias pelo fato de que tanto na implantação como desativação de empreendimentos minerários, os impactos positivos e negativos tem que ser encarados como parte do processo de extração, bem como os processos de recuperação ambiental necessários para a recuperação, reabilitação ou restauração dos ambientes afetados.

Os principais mecanismos para o atendimento a essas condicionantes são:

- Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD)
- Plano de Fechamento de Mina

O Plano de Recuperação de áreas Degradadas deve ser elaborado durante os processos de licenciamento ambiental, descrevendo qual o objetivo da recuperação e quais métodos de recuperação serão utilizados para a recuperação das áreas degradadas.

No Brasil o PRAD é obrigatoriamente parte do processo de concessão, sendo um importante instrumento de gestão, para fins de recuperação ambiental, quando planejado e executado dentro dos princípios de responsabilidade social e ambiental.

A constituição federal, em seu parágrafo 2º do Artigo 225 (capítulo VI – Do Meio Ambiente), prevê a obrigatoriedade da recuperação dos ambientes degradados pela mineração, segundo solução técnica exigida e fiscalizada pelo órgão federal competente. Sendo esta uma exigência prevista na constituição, que impõe a avaliação dos efeitos e viabilidade socioeconômica e ambiental em projetos que sejam potenciais ou reais causadores de danos ao meio ambiente.

O PRAD consiste num plano de conteúdo estritamente ambiental, no qual através da avaliação prévia dos impactos gerados, são propostas medidas mitigadoras,

com a finalidade de se controlar e monitorar os impactos ocasionados pelos processos de extração, bem como de encerramento da destes.

O Plano Fechamento de Mina contempla um conteúdo mais abrangente. Além dos aspectos ambientais, os aspectos econômicos e sociais são importantes e devem ser considerados em sua elaboração. A operação, toda a infraestrutura e demanda de serviços devem atender as exigências legais previstas para este documento.

Diante disso, os critérios ambientais contemplados pelo PRAD, podem também estar contidos no Plano de Fechamento de Mina, contudo, os aspectos sociais e econômicos estão presentes apenas neste último. Fica claro quão importante são as questões ambientais ao término de uma atividade de mineração, visto que, o monitoramento dessas áreas deve ocorrer em médio e longo prazo.

O planejamento da recuperação a ser implementada deve ser realizado antes mesmo da abertura de uma dada área de lavra. Assim pode-se determinar o uso a que serão destinados o estéril e rejeito, e até o uso que será dado a área a ser recuperada. O plano de recuperação deve ser estabelecido concomitantemente ao início das atividades de lavra, isto torna possível não só o reaproveitamento e armazenamento da camada orgânica de solo, a disposição dos rejeitos, mas também o controle dos processos erosivos oferecendo dados e medidas de gestão ambiental que visam garantir a qualidade e restabelecimento dos ambientes afetados.

Para elaboração do PRAD três aspectos diferentes podem ser considerados, porém, todos com a finalidade única de tornar a área degradada apta para novas formas de uso.

O conceito de recuperação às vezes possui um sentido amplo, confundindo muitas vezes com os sentidos de restauração e reabilitação (figura 16).

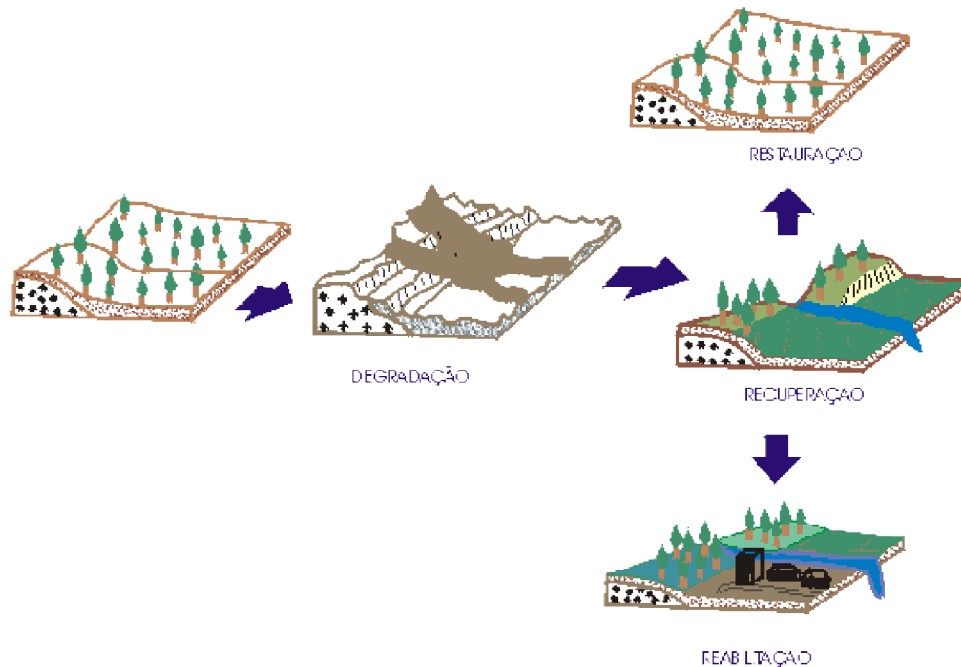


Figura 16 - Aspectos ambientais para recuperação de áreas degradadas.

A recuperação é a primeira etapa, sendo requisito principal para que o local alterado se estabilize e retome suas condições estáveis. Neste caso o objetivo principal é devolver ao local degradado o equilíbrio e estabilidade dos processos de sucessão, garantindo à área recuperada não só a estabilidade, como também a capacidade de resiliência ambiental de seus processos ecológicos.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), através da lei federal 9.985/2000, define recuperação da seguinte forma: “é a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente da sua condição original”.

O IBAMA (1990) traz uma definição mais restrita ao termo: “restauração é o retorno do sítio degradado ao seu estado original”. Considerando a dimensão, abrangência e magnitude dos impactos gerados por atividades de extração mineral, e tendo em vista a definição do IBAMA, é impossível restabelecer as condições originais se tratando de atividades desse setor. Dessa maneira, um projeto de recuperação, dependendo das alterações previstas para o local, pode ser direcionado no sentido de reabilitar ou recuperar a área degradada.

O termo reabilitação traz a ideia de ocupação do ambiente degradado, através de novas formas de uso, podendo ser definido de acordo com a intenção de utilização do

local a ser recuperado. Em projetos de reabilitação, visa-se a destinação das áreas a serem recuperadas a novos usos como: lazer, agricultura, depósitos de resíduos, aterros sanitários, dentre outros a serem considerados relevando à capacidade de reutilização desses ambientes. Atendo-se ainda ao fato de que as atividades a serem instauradas sejam para fins econômicos ou sociais.

Por fim, mesmo que pouco utilizada em áreas mineradas, à restauração é uma forma de recuperação que visa trazer de volta ao local degradado, as suas condições ecológicas através da restituição de um ecossistema, por meio da recomposição da biodiversidade, de forma que esta seja compatível com o clima regional e potencialidades do solo (SCALCO, 2011).

Pode-se considerar que a recuperação de áreas degradadas deve ser realizada, uma vez que existem normas, técnicas e estudos em todas as vias possíveis para melhoria e monitoramento das condições ambientais afetadas.

### **5.5.2 RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE ECOSISTEMAS DEGRADADOS**

A elevada diversidade de espécies é uma das características naturais dos ecossistemas tropicais, assim como constatado nos ecossistemas brasileiros. São importantes os aspectos a serem considerados para recuperação ecológica de ecossistemas degradados (MARTINS, 2013). O primeiro e mais importante refere-se ao restabelecimento ecossistêmico dos ambientes degradados, o que incita numa recuperação que proporcione ao ambiente recuperado a capacidade de sustentabilidade na manutenção dos seus processos ecológicos.

A principal técnica de recuperação de áreas degradadas sem dúvida tem sido historicamente o plantio de espécies arbóreas que, quando bem planejado e conduzido tendo como base o aspecto ecológico anteriormente citado, pode resultar em ambientes recuperados com elevada diversidade e com suas funções ecológicas recuperadas. Contudo a aplicação desse método na maioria dos casos é onerosa e considerando os passivos ambientais a serem recuperados, estes praticamente inviabilizam os processos de RAD.

Em grandes áreas onde a capacidade de autorregeneração ou resiliência foi perdida, o reflorestamento heterogêneo pode realmente ser o mais indicado, considerando sempre os preceitos ecológicos discutidos neste item.

Entretanto, em outras situações, como solos degradados pela mineração, onde existam remanescentes florestais nativos próximos às áreas degradadas, as técnicas de nucleação podem ser indicadas como exclusivas ou como complementares para aumentar a biodiversidade dos próprios reflorestamentos heterogêneos.

### 5.5.3 LEVANTAMENTO FLORÍSTICO

O Brasil, em razão de sua grande extensão territorial, apresenta um complexo mostruário das principais paisagens e ecologias do planeta. Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1992), o país possui seis biomas diferentes: Amazônia, Mata Atlântica, Caatinga, Cerrado, Pantanal e Pampa.

A área onde foi realizado o levantamento florístico deste trabalho situa-se na cidade de Pratápolis (figura 01), no estado de Minas Gerais, estando localizada em área de transição entre dois *hotspots* brasileiros, a Mata Atlântica e Cerrado. Normalmente as áreas de transição apresentam grande diversidade florística, pela variedade de fisionomias vegetacionais.

Em termos gerais, a Mata Atlântica pode ser vista como um mosaico diversificado de ecossistemas, apresentando estruturas e composições florísticas diferenciadas, em função de diferenças de solo, relevo e características climáticas existentes na ampla área de ocorrência desse bioma no Brasil (IBAMA, 2011).

Atualmente, restam cerca de 7,3% de sua cobertura florestal original, tendo sido identificada como a quinta área mais ameaçada e rica em espécies endêmicas do mundo. Na Mata Atlântica existem 1.361 espécies da fauna brasileira, com 261 espécies de mamíferos, 620 de aves, 200 de répteis e 280 de anfíbios, sendo que 567 espécies só ocorrem nesse bioma. Possui, ainda, cerca de 20 mil espécies de plantas vasculares, das quais 8 mil delas também só ocorrem na Mata Atlântica. Várias espécies da fauna são bem conhecidas pela população, tais como os mico-leões e muriquis, espécies de primatas dos gêneros *Leontopithecus* e *Brachyteles*, respectivamente. Vale lembrar que, no sul da Bahia, foi identificada, recentemente, a maior diversidade botânica do mundo para plantas lenhosas, ou seja, foram registradas 454 espécies em um único hectare (IBAMA, 2011).

A exploração da Mata Atlântica vem ocorrendo desde a chegada dos portugueses ao Brasil, cujo interesse primordial era a exploração do pau-brasil. O processo de desmatamento prosseguiu durante os ciclos da cana-de-açúcar, do ouro, da produção de

carvão vegetal, da extração de madeira, da plantação de cafezais e pastagens, da produção de papel e celulose, do estabelecimento de assentamentos de colonos, da construção de rodovias e barragens, e de um amplo e intensivo processo de urbanização, com o surgimento das maiores capitais do país, como São Paulo, Rio de Janeiro, e de diversas cidades menores e povoados (IBAMA, 2011).

A sua área atual encontra-se altamente reduzida e fragmentada com seus remanescentes florestais localizados, principalmente, em áreas de difícil acesso. A preservação desses remanescentes vem garantindo a contenção de encostas, propiciando oportunidades para desfrute de exuberantes paisagens e desenvolvimento de atividades voltadas ao ecoturismo, além de servir de abrigo para várias populações tradicionais, incluindo nações indígenas. Além disso, nela estão localizados mananciais hídricos essenciais para abastecimento de cerca de 70% da população brasileira (IBAMA, 2011).

A conservação da Mata Atlântica tem sido buscada por setores do Governo, da sociedade civil organizada, instituições acadêmicas e setor privado. Vários estudos e iniciativas têm sido desenvolvidos nos últimos anos, gerando um acervo de conhecimento e experiência significativo. Vale ressaltar, também, a existência de um amplo arcabouço legal para a proteção do bioma (IBAMA, 2011).

Atualmente a Mata Atlântica está reduzida a menos de 8% de sua extensão original. As estimativas indicam que a Mata Atlântica possua cerca de 20.000 espécies de plantas vasculares, das quais mais da metade são endêmicas do bioma (IBAMA, 2011).

Dentro do domínio da Mata Atlântica, a floresta estacional semi-decidual ocorre no interior do Brasil e é também considerada a formação vegetal mais degradada no país, estando atualmente representada por fragmentos florestais isolados, o que acentua ainda mais a gravidade do atual perfil de degradação em que se encontram essas áreas. Do ponto de vista da recuperação ambiental a falta de conectividade entre esses fragmentos dificulta os processos de recolonização de áreas degradadas, visto que o aporte genético nessas áreas fica restrito na maioria das vezes à intervenção humana, visto que essas áreas em alguns casos perderam sua capacidade de sucessão, tendo seus processos ecológicos praticamente interrompidos.

O conhecimento sobre o mosaico florístico e da matriz florestal originais das áreas degradadas, é importante no fomento ao planejamento e gestão das medidas de recuperação a serem implantadas. A caracterização da vegetação bem como o conhecimento sobre a diversidade e distribuição de espécies nessas formações,

forneem uma s3rie de dados para o dimensionamento e delineamento dos processos de recupera73o.

## 5.6 NUCLEA73O

No contexto da restaura73o ecol3gica, a nuclea73o 3 interpretada como a facilita73o da sucess3o de uma esp3cie ou grupo de esp3cies que, ao estabelecer-se naturalmente ou atrav3s da indu73o antr3pica, melhoram as condi73es do ambiente degradado favorecendo o estabelecimento de esp3cies mais exigentes (MARTINS, 2013).

Yarranton e Morrison (1974) defendem que nesse processo, um ou poucos indiv3duos considerados como n3cleos de uma comunidade pioneira em expans3o colonizam determinada 3rea. Em outras palavras, a capacidade desses n3cleos em fornecer recursos 3 fauna e em desencadear os processos ecol3gicos em ambientes degradados, faz com que o m3todo de nuclea73o seja um importante instrumento de gest3o, para a recupera73o ecossist3mica com diversidade biol3gica e capacidade de resili3ncia ambiental.

A nuclea73o pode ser estimulada atrav3s de v3rias t3cnicas, como transposi73o de serrapilheira e da camada superficial do solo contendo o banco de sementes, transposi73o de galhada, instala73o de poleiros naturais ou artificiais, semeadura direta, plantio direto de mudas em ilhas de alta diversidade, coletores de chuva de sementes.

Entre os modelos e t3cnicas de restaura73o ecol3gica baseada no paradigma contempor3neo da sucess3o, merece destaque a transposi73o do banco de sementes do solo, por ser uma das mais vi3veis apresentando melhores resultados em curto prazo, (MARTINS, 2013). O objetivo dessa t3cnica 3 o aproveitamento do potencial de resili3ncia das 3reas a serem recuperadas e da m3xima quantidade de material vegetal (prop3gulos) em 3reas cujo licenciamento ambiental para atividades de minera73o, represamento de cursos d'3gua, entre outros, permite que a vegeta73o seja suprimida e a camada superficial do solo removida. Contudo o manejo desse material ap3s ser removido, bem como seu armazenamento e o tempo decorrido nesse processo, podem comprometer o aproveitamento desse recurso. Portanto 3 importante que haja um planejamento adequado para a remo73o, armazenamento e utiliza73o do solo removido, a fim de se obter um melhor aproveitamento poss3vel do banco de sementes nele contido e conseqüentemente na forma73o de prop3gulos e recoloniza73o das 3reas degradadas.

Outras técnicas de nucleação também contribuem com o processo de recolonização de áreas a serem recuperadas e, servem como fomento nos processos de recuperação ecossistêmica por desencadear os processos naturais de sucessão.

A transposição de galhada tem como objetivo desencadear os processos de decomposição, que converte matéria orgânica em inorgânica, além de fornecer à fauna local, sombra e refugio e também, reter a umidade do solo nas porções por ela cobertas.

O uso de poleiros secos ou vivos também é uma técnica de nucleação que apresenta bons resultados quando existem áreas de empréstimo ou (remanescentes florestais nativos), próximos às áreas a serem recuperadas.

Segundo Rudge (2008), os poleiros tem melhor eficiência quando instalados até 200 m. da borda dos fragmentos, considerando que espécies zoocóricas dispersam sementes em curtas e médias distâncias.

A chuva de sementes também é uma técnica importante e que pode auxiliar tanto no fornecimento de material genético para outras técnicas como semeadura direta, como na produção de mudas quando germinadas em viveiros. Uma das vantagens desse método é que as espécies por ele obtidas estarem adaptadas às condições ambientais das áreas de interesse, o que garante um melhor aproveitamento dos recursos genéticos e melhor resultado no estabelecimento da vegetação.

Já a adubação verde utilizando leguminosas, auxilia na fixação de nitrogênio no solo, através de associação com fungos micorrízicos, que favorecem esse processo, além de fornecimento de matéria orgânica ao solo a ser recuperado. Outra característica dessa técnica é que em solos compactados como na agricultura e mineração, ocorre a quebra da compactação do solo através do enraizamento.

As técnicas de nucleação apresentam grande eficiência no que tange à recuperação de áreas degradadas, atendendo ao conceito recuperação ecossistêmica que visa garantir aos ambientes recuperados a capacidade de sucessão ecológica, não exigindo o manejo periódico das áreas recuperadas, podendo ser implantada em locais de difícil acesso e ainda, apresentando baixo custo de implantação, o que viabiliza os processos de recuperação que utilizam este método.

## 6. MATERIAIS E MÉTODOS

Atividades realizadas	2012						2013												
	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Planejamento																			
Definição e Georreferenciamento dos pontos																			
Monitoramento limnológico																			
Levantamento florístico																			
Recomposição de solo																			
Adubação verde																			
Transposição de solo e serrapilheira																			
Transposição de galharia																			
Poleiros secos																			
Coletores de sementes																			
Monitoramento das técnicas implantadas																			

Figura 17 - Cronograma de atividades desenvolvidas em campo.

### 6.1 MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO

Em primeiro momento foi pesquisado o embasamento teórico sobre os aspectos ambientais inerentes à área de estudo. Com base nos dados climatológicos obtidos foi dimensionado o monitoramento limnológico quanto ao número de pontos a serem amostrados, bem como os parâmetros a serem monitorados e suas implicações, a periodicidade e sazonalidade das coletas, também foram parte importante no processo de planejamento. As coletas foram realizadas durante seis meses contemplando o período chuvoso e período seco, sendo três coletas nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro e três coletas em junho, julho e agosto, respectivamente (figura 17). Foram coletadas cinco amostras em cinco pontos, distribuídos tanto a montante quanto a jusante do trecho do córrego que transecta o empreendimento, sendo que para cada uma das amostras foram analisados todos os parâmetros descritos a seguir. As amostras foram coletadas uma vez por mês durante o período citado e encaminhadas no mesmo dia ao Centro de Estudos Ambientais (CEA), Rio Claro (SP) e Bioagri Análises Laboratoriais, Piracicaba (SP).

A figura 18, ilustra os pontos de coleta, em A ponto 1, em B ponto 2, em C e D ponto 3 e em E e F os pontos 4 e 5 respectivamente.



Figura 18 - Pontos de amostragem e procedimento de coleta de água. (Fotos do autor).

Os parâmetros de água a serem analisados durante o monitoramento limnológico foram definidos a fim de se obter resultados que atendam as expectativas do objetivo proposto. Sendo estes descritos a seguir:

\* Parâmetros Físico-químicos

- pH;
- Condutividade;
- Oxigênio Dissolvido;
- Sólidos Totais em Suspensão;
- Sólidos Totais Dissolvidos;
- Turbidez;
- Nitrogênio Amoniacal;

- Dureza.

\* Metais

- Ferro (Fe);

- Magnésio (Mg);

- Níquel (Ni).

\* Óleos e Graxas.

Conforme mencionado nos itens 5.4 e 5.4.1, os parâmetros acima descritos são importantes indicadores no monitoramento da qualidade das águas superficiais.

## 6.2 LEVANTAMENTO FLORÍSTICO

O levantamento florístico foi realizado nos remanescentes florestais no entorno da área de estudo e Áreas de Preservação Permanente (APPs), do empreendimento.

Para descrição da cobertura vegetal, os dados de campo da campanha de flora foram coletados no período de 8 a 10 de março de 2013 sendo este caracterizado pelo fim da estação chuvosa e início da estação seca na região (figura 19).



Figura 19 - Em A e B, procedimento de coleta de material vegetal para posterior identificação. (Fotos do autor).

O município de Pratápolis está inserido em uma área consideravelmente descaracterizada, em relação à sua cobertura vegetal primitiva, apresentando um mosaico de fragmentos de mata nativa intercalando-se com plantações de monoculturas

e áreas de pastagens. As áreas de entorno da Mina de Níquel, contem fragmentos bem conservados, com grande diversidade de espécies florísticas.

A abordagem da cobertura vegetal foi feita a partir do ponto de vista florístico qualitativo.

O levantamento dos dados primários se deu a partir do lançamento de transectos nos remanescentes florestais e áreas de APP, a fim de se identificar o maior número possível de espécies para uma melhor caracterização da vegetação no local. Todos os indivíduos de porte arbóreo foram identificados, deu-se prioridade a espécies mais representativas na composição florestal remanescente da área (Figura 20).

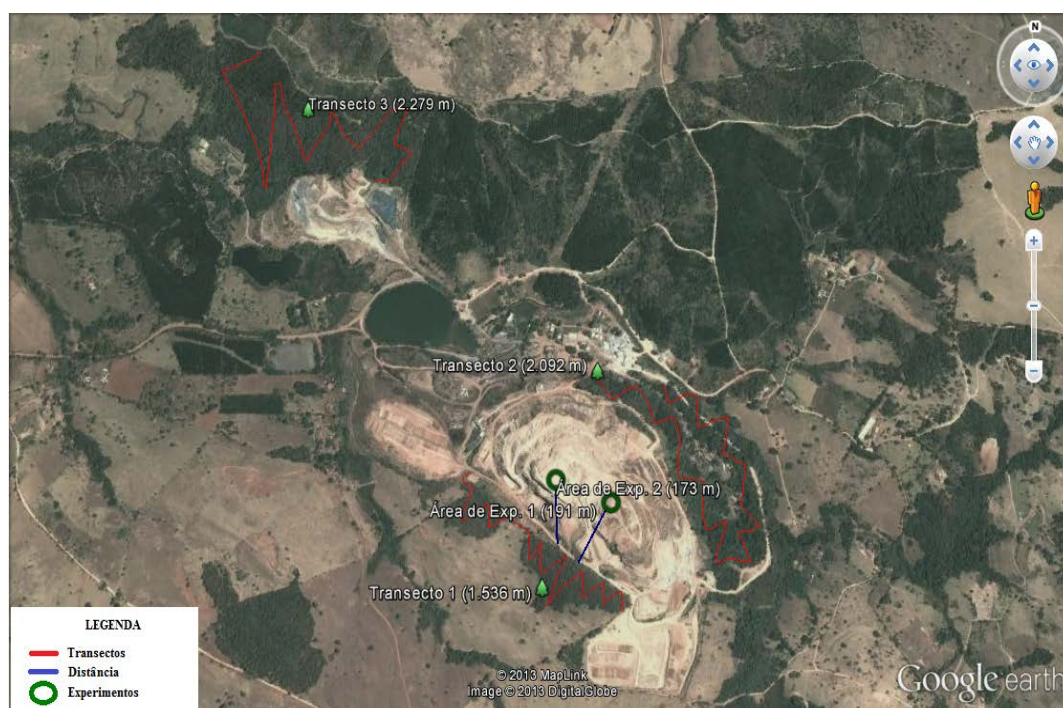


Figura 20 - Mapa de transectos percorridos nos fragmentos remanescentes e a distância das áreas de experimento da borda dos fragmentos mais próximos.

Para a identificação das espécies vegetais não reconhecidas em campo, foram coletadas amostras preferencialmente apresentando material reprodutivo (flor ou fruto) que, depois de prensadas e secas, foram identificadas com auxílio dos livros *Árvores Brasileiras* (Lorenzi, 2002), *Botânica Sistemática* (Souza & Lorenzi 2008) e por comparação com exsicatas do herbário da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP – USP).

Para caracterizar os estágios de regeneração florestal, seguiu-se a legislação, conforme a RESOLUÇÃO Nº 1, DE 31 DE JANEIRO DE 1994 (Anexo I) considerando o disposto no artigo 23, incisos VI e VII da Constituição Federal e a necessidade de se definir vegetação primária e secundária nos estágios pioneiro inicial, médio e avançado de regeneração de Mata Atlântica em cumprimento ao disposto no artigo 6º, do Decreto 750, de 10 de fevereiro de 1993, na Resolução CONAMA nº 10, de 10 de outubro de 1993 (Anexo II), e a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de exploração da vegetação nativa. As médias das alturas, média dos diâmetros, classe sucessional são fatores determinantes para identificar o estágio de regeneração de uma floresta.

Para se identificar o estágio inicial de regeneração as alturas das plantas lenhosas deverão estar situadas entre 1,5m e 8,0m de altura e o perímetro médio dos troncos à altura do peito (PAP = 1,30m do solo) é de até 10cm.

A identificação do estágio médio de regeneração depende da localização da vegetação onde a altura das árvores pode variar de 4 a 12m e o PAP médio pode atingir até 20cm.

Para identificar o estágio avançado de regeneração é necessário que as alturas máximas ultrapassem 10m, sendo que o PAP médio dos troncos é sempre superior a 20cm.

As espécies florestais classificam-se de acordo com o papel que desempenham na sucessão ecológica como: pioneiras, secundárias e clímax.

- **PIONEIRAS:** as plantas pioneiras também são conhecidas como primárias, tem crescimento rápido, se desenvolvem bem a céu aberto e tem tempo de vida curto na floresta, entre 6 e 15 anos. As pioneiras normalmente são árvores de porte alto (18 m) e tem a característica de madeira ser considerada leve. Como as pioneiras se desenvolvem rapidamente, elas formam uma camada de sombra que servirá como proteção ao crescimento das plantas secundárias. Exemplos de espécies pioneiras: aroeira, mutambo, embaúba, capexingui, sangra d'água.

- **SECUNDÁRIAS:** as plantas secundárias necessitam de sombra para o seu crescimento inicial e só se desenvolvem na fase intermediária de formação de uma floresta. As espécies secundárias tem um crescimento mais lento do que as pioneiras, porém, seu tempo de vida útil na floresta é maior, de 15 a 20 anos. Exemplos de espécies secundárias: ipês, jerivá, cajá, genipapo, goiaba, guariroba.

- CLIMAX: são as plantas que se desenvolvem quando a floresta primária já está formada. São as plantas que formam o dossel da floresta e que tem maior longevidade de vida, chegando algumas espécies a atingir mais de 100 anos. As espécies clímax possuem características de madeira pesada. Exemplos: jatobá, peroba rosa, cabreúva, pau Brasil.

### **6.3 IMPLANTAÇÃO DAS TÉCNICAS DE NUCLEAÇÃO (EXPERIMENTO)**

O experimento foi implantado na mina de níquel da Mineração Morro Azul, no município de Pratápolis, sudoeste do estado de Minas Gerais, em duas áreas selecionadas, (coordenadas UTM: área 1 - 316112 S 7696202 W, 1002 m. de altitude, área 2 - 315885 S e 7696294 W, 974 m. de altitude).

#### **6.3.1 RECOMPOSIÇÃO DE SOLO**

Em primeiro momento foram selecionadas as áreas para implantação do experimento, e o material a ser utilizado para a recomposição do solo nestas áreas. As áreas selecionadas encontram-se em diferentes cotas do relevo para melhor avaliar o desempenho do método no contexto pedológico da área de estudo. Deu-se preferência às frentes de lavra já desativadas a fim de evitar perturbação ou interrupção no desenvolvimento do experimento e ainda, ao material selecionado para a recomposição de solo, que é proveniente da manutenção e abertura das vias de acesso da mina e armazenado em suas adjacências, optou-se por este material pelo fato de o mesmo possuir as mesmas características edáficas da área a ser recuperada e as espécies ocorrentes no local estarem potencialmente adaptadas a ele.

A figura 21 ilustra o morro antes do início das atividades de lavra, nota-se que a conformação original da mina não apresentava perfis de solo consideráveis, com isso, os volumes de solo removidos e armazenados durante o avanço das atividades de lavra são insuficientes para a recomposição de solo nas áreas a serem recuperadas.



Figura 21 - Imagem da mina de Níquel antes do processo de extração, 1957. (Foto da empresa).

O processo de extração no local removeu totalmente a camada de top soil, restando em alguns pontos somente a rocha aflorante do embasamento, bastante fraturada e pouquíssimo material fragmentado ou orgânico, o que dificulta, ou até mesmo impossibilita o estabelecimento de espécies vegetais nas áreas lavradas. Diante disso a recomposição do banco de sementes do solo nestas áreas é fator preponderante para o início do processo de recuperação, assim como a dinâmica intempérica da região que condiciona e determina os melhores períodos para implantação das técnicas de recuperação avaliadas neste estudo.

Com base nos dados climatológicos do local (figura 2), a pluviosidade média mensal para os últimos 50 anos indica os meses mais chuvosos: dezembro, janeiro e fevereiro com volume de precipitação acima de 200 mm, e meses mais secos: junho, julho e agosto com volumes de precipitação abaixo de 30 mm. Considerando estes dados foi possível identificar sazonalmente os melhores períodos para implantação das técnicas de nucleação na área de experimento, períodos estes que antecedem os meses chuvosos, que favoreceram uma melhor adaptação e desenvolvimento das técnicas implantadas.

A recomposição de solo foi realizada no mês de janeiro. O material utilizado para a recomposição foi proveniente da manutenção e abertura das vias de acesso à mina, onde as camadas superiores removidas foram armazenadas para posterior utilização nos processos de recuperação.

Para o transporte e relocação do solo até as áreas de experimento na mina foram utilizados caminhões com capacidade para 20 toneladas, uma carregadeira e uma

retroscavadeira. Foram relocados 105 m<sup>3</sup>, sendo 55 m<sup>3</sup> para área 1 e 50 m<sup>3</sup> para área 2, o que permitiu a formação de uma camada de aproximadamente 25 cm de solo para ambas as áreas, que somadas totalizaram aproximadamente 500 m<sup>2</sup> (figura 22).



Figura 22 - Em A e B carregamento do banco de sementes do solo, em C e D reabertura das vias de acesso, e em E e F, procedimento de recomposição do banco de sementes do solo sendo executado. (Fotos do autor).

Após o procedimento de realocação do solo iniciou-se a implantação das técnicas de nucleação, sendo que todas as técnicas abaixo descritas foram implantadas nas duas áreas de experimento com igual dimensionamento de implantação.

### 6.3.2 ADUBAÇÃO VERDE:

Logo após a recomposição do solo nas áreas de experimento foi realizado o plantio de leguminosas. A espécie selecionada para implantação foi o feijão-de-corda, (*Vigna unguiculata*), considerando que as leguminosas são excelentes fixadoras de nitrogênio, em quebrar a compactação do solo, por estabelecerem-se em solos rasos de até 5 cm de espessura e fornecerem matéria orgânica e forrageamento ao solo degradado ou neste caso relocado (figura 23).



Figura 23 - Em A e B o volume de solo realocado na área de experimento 2, em C e D, procedimento de plantio direto de *Vigna unguiculata* (feijão-de-corda). (Fotos do autor).

Deu-se preferência a esta espécie em particular por esta ser encontrada dentro das áreas do empreendimento o que facilitou a coleta e semeio das sementes. Foi realizado o plantio manual das sementes em covas equidistantes de 50 cm uma das outras na perspectiva de se obter um melhor forrageamento das áreas de experimento em menor período de tempo.

### 6.3.3 TRANSPOSIÇÃO DE SOLO E SERRAPILHEIRA:

Reis *et al.*, (2006), defende que o banco de sementes do solo é um dos fatores mais importantes para a regeneração natural e recolonização em áreas perturbadas, pois as primeiras plântulas que crescem no solo após os distúrbios serão importantes para evitar erosão e perda dos nutrientes deste solo. Assim outras espécies poderão germinar, crescer e se desenvolver nestas áreas, isto é a sucessão.

A principal consequência da degradação é a perda de matéria orgânica e microfauna do solo. Para restaurá-lo, podem ser coletadas pequenas porções de solo de um fragmento próximo e preservado e colocá-lo na área degradada. Isso é o que se chama de transposição de solo. A camada superficial do solo (de 5 a 10 cm de profundidade, com 1 m. de comprimento por 1 m. de largura) é retirada da área preservada ou área de empréstimo, e transposta para as áreas degradadas com a intenção de criar núcleos de solo e serrapilheira e favorecer o desenvolvimento de propágulos contidos no material transplantado.

Estas porções de solo devem ser retiradas em fragmentos diversificados, próximos das áreas a serem recuperadas a fim de garantir a diversidade genética e não comprometer os processos de sucessão das áreas de empréstimo (BASSO, 2006).

No experimento realizado neste estudo foram transplantados 6 núcleos de solo e serrapilheira, das áreas de empréstimo mais próximas às áreas de experimento 1 e 2 e distribuídos igualmente nas duas áreas.

O procedimento se iniciou com a demarcação das porções de solo a serem transplantadas e ainda a distância entre estas porções. As porções de solo retiradas possuíam as seguintes dimensões: 1 m. de largura, 1 m. de comprimento e de 5 a 10 cm. de profundidade aproximadamente.

Tendo como critério básico a capacidade suporte da área de empréstimo as 6 amostras de solo e serrapilheira foram retiradas, com no mínimo 100 m. de distância umas das outras (BASSO, 2006), sendo três transposições para cada uma das áreas de experimento. As amostras de solo e serrapilheira foram armazenadas e transportadas separadamente em sacos plásticos com capacidade para 100 L., a fim de evitar a homogeneização do material durante o transporte (figura 24).



Figura 24 - Em A e B demarcação e remoção de solo e serrapilheira, em C e D o procedimento de armazenamento e transporte, e em E e F a transposição do material para as áreas de experimento. (Fotos do autor).

As porções de solo coletadas foram transportadas até as áreas de experimento e recolocadas em covas com dimensão igual às de retirada do material e dispostas a 30 m. de equidistância, totalizando, 3 núcleos transplantados em cada uma das áreas.

#### **6.3.4 TRANSPOSIÇÃO DE GALHARIA:**

Reis *et al.* (2001) afirma que em alguns casos a falta de nutrientes do solo é o grande problema para recuperação e considerado como indicador de degradação ambiental. Sugere também que resíduos de áreas de exploração e manejo florestal, poderão ser utilizados e empilhados ou enleirados, formando núcleos de biodiversidade.

A transposição de galharia consiste no acúmulo de galhos, tocos, resíduos florestais, resíduos agrícolas (bagaço de cana e outros) ou amontoados de pedras dispostos na forma de núcleos ou aglomerados ao longo das áreas.

Áreas abertas geram grande exposição dos animais aos seus predadores, o que implica a ausência desses animais nestas áreas. Esta técnica fornece matéria orgânica naquela porção de solo, serve de abrigo a roedores e pequenos mamíferos e répteis, fornece sombra e mantém a umidade do solo favorecendo a ação de fungos e o desencadeamento dos processos cíclicos de sucessão ecológica. Em ambientes com alto índice anual de pluviosidade esta técnica tende a ter seu processo de decomposição acelerado.

Para a implantação da referida técnica nas áreas de experimento, foram utilizados materiais provenientes das podas realizadas para manutenção das vias de acesso e dos jardins existentes na área de estudo. O material foi transportado com o auxílio de uma caminhonete e disposto em ambas as áreas de experimento em leiras com aproximadamente 2 m. de largura x 2 m. de comprimento e 1,5 m de altura do chão. Para cada uma das áreas foram transpostos 3 núcleos, estes distando 30 m. uns dos outros (figura 25).



Figura 25 - Em A e B transporte do material vegetal, em C e D disposição do material nas áreas de experimento. (Fotos do autor).

### 6.3.5 POLEIROS SECOS:

Os poleiros tem a finalidade de fornecer descanso, abrigo e alimento às aves e morcegos e podem ser utilizados no incremento da chuva de sementes e fomento do processo de sucessão secundária.

Armesto *et al.*, (2001) defende que, arbustos e árvores mais esparsas servem de poleiros onde acontece alta atividade de frugívoros favorecendo o processo de invasão e recolonização de áreas abertas.

As sementes dispersadas nas áreas através da defecção ou regurgitação de aves e morcegos formarão o novo banco de sementes do solo. Com seu alto potencial de germinação favorecerá o desenvolvimento de núcleos de regeneração com alta diversidade biológica, importante para a sucessão secundária.

Reis *et al.*, (2003) e Jazen (1970), mencionam ainda que esses núcleos atraem consumidores para o local, por se tornarem regiões de concentração de recursos.

Na tentativa de reproduzir as condições da natureza, e acelerar os processos de recuperação de áreas degradadas, uma medida simples que pode complementar este processo, são os poleiros secos, estes podem ser confeccionados com madeira, bambu e árvores secas, com altura entre 3 e 5 m., dependendo das espécies de aves e morcegos ocorrentes na região.

Para implantação dos poleiros nas áreas de experimento, utilizou-se bambu, encontrado nas adjacências da empresa e ainda toras de eucalipto (*eucalyptos sp.*), para confecção dos poleiros mais altos. Foram confeccionados 8 poleiros, tendo sido implantados 4 poleiros em cada uma das áreas de experimento. Sendo 1 poleiro eucalipto de 5 m. e 3 poleiros de bambu de 3 m. de altura, para cada uma das áreas, dispostos num raio de 30 m. de distância uns dos outros (figura 26).



Figura 26 - Em A e B instalação dos poleiros de 5 m. de eucalipto, e em C e D instalação dos poleiros de 3 m de bambu. (Fotos do autor).

### **6.3.6 COLETORES DE SEMENTES:**

A coleta de sementes pode ser realizada periodicamente utilizando-se dois métodos simples: coleta direta nas matrizes em seu período de dispersão, ou pela utilização de coletores permanentes.

Os coletores devem ser dispostos dispersadamente nas áreas de empréstimo para um melhor aproveitamento tanto do número de espécies, quanto da variabilidade genética do material coletado. Isso garante que não haja um comprometimento no processo de sucessão de porções significativas das áreas de empréstimo e evita também a coleta de sementes de uma única planta o que diminui a diversidade biológica no processo de recuperação.

As coletas podem ser realizadas mensalmente e o material coletado pode ser identificado, separado e armazenado para que sua dispersão seja feita em períodos que favoreçam o estabelecimento das sementes e melhor aproveitamento dos recursos coletados.

A coleta mensal durante o ano todo garante que diferentes espécies sejam coletadas, visto que as plantas possuem diferentes épocas de frutificação.

Para o experimento em questão, foram montados nas áreas de empréstimo, 4 coletores de sementes com 1 m. de largura por 1,2 m. de comprimento, colocados a 1,5 m. do chão e distantes 100 m. uns dos outros (figura 27). Utilizou-se como indicado, tela de sombrite malha 5 mm. e cordão de nylon para a fixação dos coletores, e as coletas devem ocorrer mensalmente afim de se obter sementes em diferentes períodos de dispersão.



Figura 27 - Em A e B instalação dos coletores, e em C, D e E alguns dos coletores instalados. (Fotos do autor).

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1 MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO

O monitoramento limnológico realizado no córrego Água Limpa objetivou verificar a influência das áreas degradadas pela atividade de lavra no local sobre a qualidade das águas superficiais, por meio da avaliação dos seus parâmetros físico-químicos, como sólidos totais dissolvidos (STD), sólidos suspensos totais (SST) e turbidez (TB), pH, condutividade, nitrogênio amoniacal, oxigênio dissolvido, e metais, ferro (Fe), níquel (Ni), e magnésio (Mg), além do parâmetro de dureza associado a este último metal. Os resultados das análises referentes aos meses monitorados podem ser consultados no anexo 2.

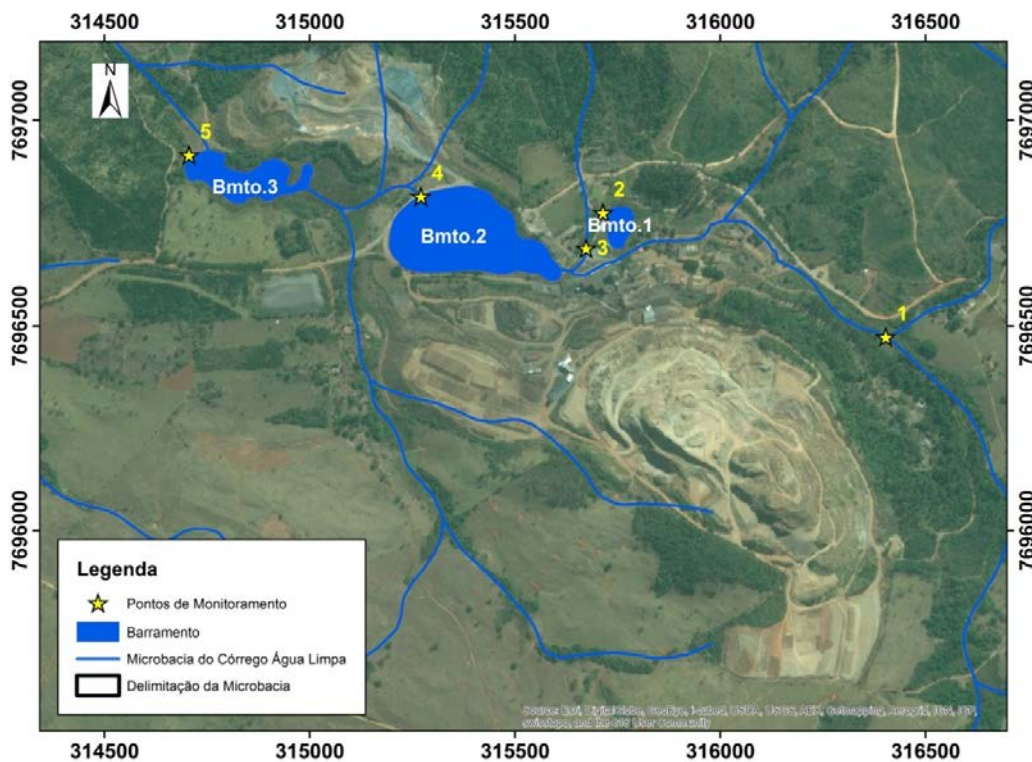


Figura 28 - Mapa de identificação dos barramentos existentes e pontos de monitoramento de água.

Conforme pode ser observado na figura 28 e no anexo 1, o trecho do córrego que transecta o empreendimento é represado por três barramentos de pequeno e médio porte.

Os barramentos tem a finalidade de fornecer água à indústria e suas dependências e principalmente auxiliar na retenção dos sedimentos oriundos das áreas de solo exposto.

Neste sentido esses barramentos podem ser considerados uma importante ferramenta na manutenção da qualidade das águas do corpo d'água afetado. Assim sendo o monitoramento periódico dos parâmetros acima descritos é imprescindível para que seja possível um melhor gerenciamento da qualidade das águas superficiais no local.

Os pontos monitorados foram distribuídos ao longo do trecho que transecta a mineração sendo o ponto P1 o ponto mais à montante da empresa e tido como padrão de comparação da qualidade da água para os parâmetros monitorados. O ponto P2 encontra-se na saída do primeiro barramento e o ponto P3 a jusante do lançamento de efluentes industriais e drenagem externa da face noroeste da mina. Os pontos P4 e P5 estão localizados nas saídas dos barramentos P2 e P3 respectivamente. Optou-se pela água de saída dos barramentos a fim de verificar o nível de funcionalidade destes na manutenção da qualidade das águas superficiais afetadas pela operação do empreendimento.

Outro fator considerado na avaliação dos processos erosivos e de assoreamento dos corpos d'água é a sazonalidade. Considerando que os dados climatológicos da área de estudo indicam períodos onde o índice de pluviosidade é quase zero e em contrapartida apresenta também períodos com altos índices de pluviosidade, é importante mencionar a diferença de comportamento dos cursos hídricos nesses períodos.

Os dados obtidos com o monitoramento dos parâmetros físico-químicos permitiram a detecção dos pontos mais significantes no aporte de sedimento ao córrego, bem como, a avaliação da capacidade dos barramentos na retenção dos sedimentos e manutenção dos padrões de qualidade da água.

Os cinco pontos de coleta foram monitorados com o objetivo de verificar o comportamento do córrego à medida que este passa pelo empreendimento, sendo o ponto P1, considerado como padrão de comparação dessas alterações, visto que este encontra-se a montante do empreendimento não sofrendo a influência deste.

### 7.1.1 PH E CONDUTIVIDADE

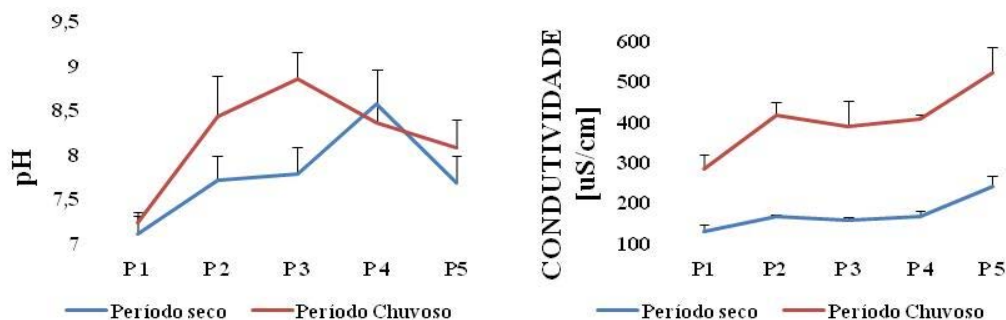


Figura 29 - Média e Desvio padrão para os parâmetros de pH e Condutividade.

A figura 29 ilustra a alteração dos parâmetros de pH e condutividade analisados ao longo dos pontos coletados, e compara as alterações ocorridas tanto em período seco quanto em chuvoso.

Pode-se notar que nos dois parâmetros analisados, o trecho representado pelos pontos P2, P3 e P4, apresentam as maiores alterações, embora mostrem uma estabilização dos parâmetros analisados nos barramentos B1 e B2, representados nos gráficos pelos pontos P2 e P4 respectivamente. O ponto P3 está localizado a jusante do ponto de lançamento de efluentes e sedimentos da drenagem da mina, sendo este o principal ponto de alteração de praticamente todos os parâmetros analisados neste trabalho, porém, os barramentos existentes nesse trecho do córrego tendem a estabilizar as alterações ocorridas. Entretanto o barramento B3, representado no gráfico pelo ponto P5, mostra que a água de saída, se comparada com o ponto P1 tomado como padrão de comparação, não apresenta boa funcionalidade no controle da qualidade dos parâmetros analisados. Como pode ser observado na figura 29, tanto em períodos chuvosos como em períodos secos, as alterações no segmento do córrego analisado apresentam a mesma tendência embora alterações mais significativas possam ocorrer pontualmente, o que evidencia a influência do empreendimento nos processos de degradação avaliados neste estudo.

### 7.1.2 NITROGÊNIO AMONÍACAL E OXIGÊNIO DISSOLVIDO

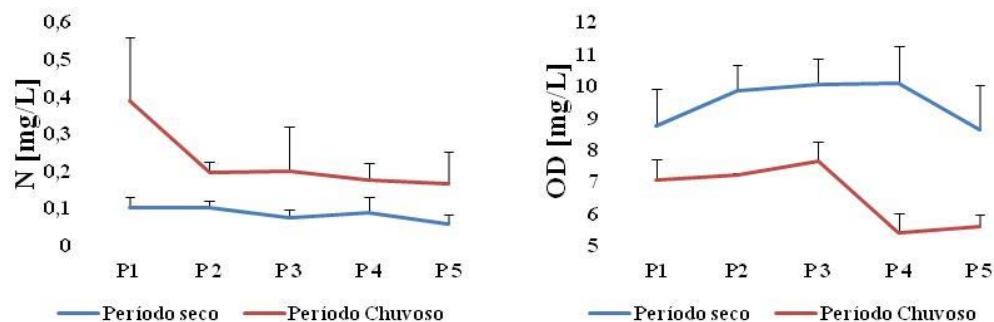


Figura 30 - Média e desvio padrão dos parâmetros N<sup>4</sup> e OD.

Para os parâmetros de nitrogênio amoniacal (N<sup>4</sup>) e oxigênio dissolvido (OD), pode ser observado na figura 30, que os dois apresentam alterações entre os pontos P1 e P2 a medida que o córrego avança no empreendimento, pode ser observado também que entre os pontos P2 e P4 há uma estabilização das alterações ocorridas, o que indica que os barramentos existentes nesses pontos mantêm sua funcionalidade tanto nos períodos secos como em períodos de maior pluviosidade, apresentando no gráfico uma tendência de alteração semelhante para os diferentes períodos analisados. Embora as alterações acentuadas pelas atividades de lavra no local seja evidente, também para os parâmetros de N<sup>4</sup> e OD, os valores aferidos não ultrapassam os padrões estabelecidos pela legislação.

### 7.1.3 MAGNÉSIO TOTAL E DUREZA

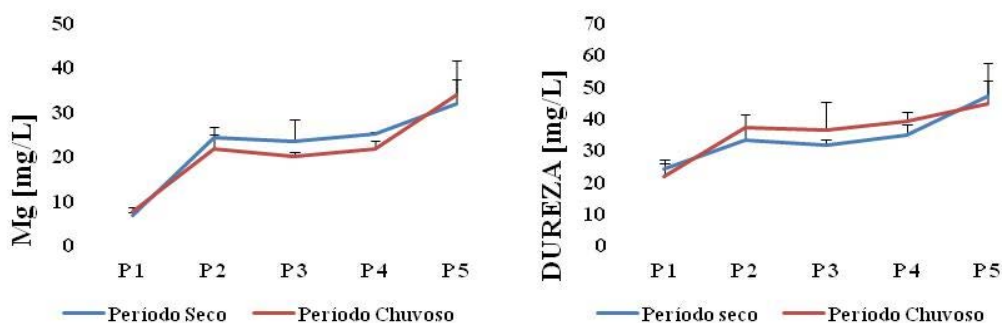


Figura 31 - Média e desvio padrão dos parâmetros de Mg. e Dz.

Para os parâmetros de magnésio (Mg) e dureza (Dz) figura 31, notamos a mesma tendência de alteração para ambos, tanto no período seco como no chuvoso.

Possivelmente essas alterações podem ocorrer devido ao aporte de sedimentos no trecho entre os pontos P1 e P2, e ainda do lançamento de efluentes no ponto P3. Contudo se comparado ao padrão, os valores de água de saída aferidos no ponto P5 para os parâmetros em questão, apresentam um aumento significativo na concentração de Mg em relação aos pontos à montante, o que indica que o barramento B3, não reduz ou mesmo mantém a concentração de Mg e Dz. Porém, é necessário considerar que o barramento B3 encontra-se a jusante do depósito de rejeitos, podendo ser pontuado como uma importante área de aporte de sedimentos ao corpo hídrico, devendo-se a este, dar maior ênfase nos processos de recuperação, estabilização e monitoramento a serem implementados.

#### 7.1.4 FERRO TOTAL E NÍQUEL TOTAL

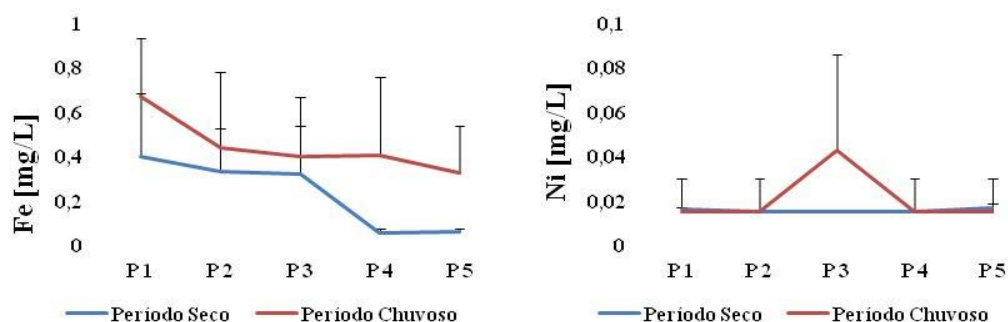


Figura 32 - Média e desvio padrão dos parâmetros Fe e Ni.

Para os parâmetros ferro total (Fe) e níquel total (Ni), observa-se tendências distintas (figura 32). As concentrações de ferro tendem a diminuir, possivelmente pela quantidade de barramentos que acentua o processo de decantação e ainda pelo aumento do pH que decorre paralelamente ao aumento das concentrações de magnésio, já as concentrações de níquel em todos os pontos monitorados mostrou-se praticamente estável, considerando que este é o produto de interesse da atividade de extração no local, não se esperava grandes concentrações ou variações deste metal no segmento do córrego monitorado. Entretanto a elevação exponencial na concentração de Ni no ponto P3, correspondente ao período chuvoso, deve-se à coincidência ocorrida na coleta do mês de fevereiro de 2013, quando o empreendimento encerrou suas atividades temporariamente para reparos e manutenção de equipamentos.

### 7.1.5 SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ

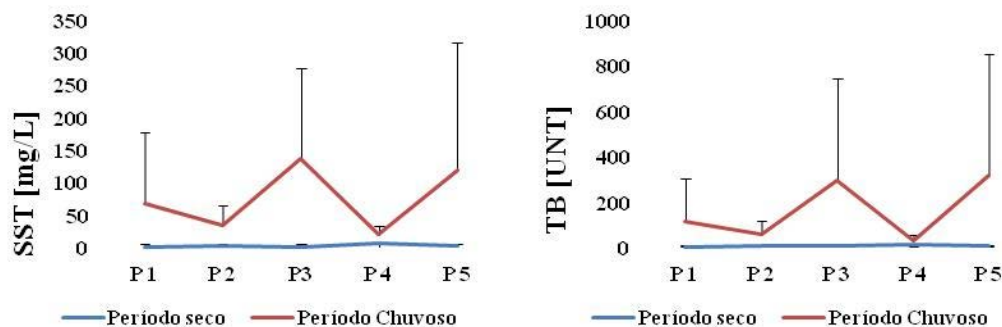


Figura 33 - Média e desvio padrão dos resultados de STD e SST, para os períodos seco e chuvoso.

Os maiores valores obtidos com a avaliação destes parâmetros estão relacionados aos períodos de maior vazão na bacia, correspondente ao período chuvoso. Dentre os pontos amostrados, o ponto P5 situado à jusante da indústria foi o que obteve os maiores valores de STD e TB, o que aponta a interferência das águas de drenagem da mina, assim como o lançamento de efluentes da indústria sobre o córrego Água Limpa. O ponto P3 monitora o trecho a jusante de onde os sedimentos e efluentes industriais são incorporados ao curso d'água (figura 33).

Conforme pode ser observado e tendo em vista o ponto P1 como padrão de comparação, nos meses mais secos, os valores de STS e TB mantém uma mesma tendência assim como os valores dos meses mais chuvosos. Nota-se que os barramentos B1 e B2 representados no gráfico pelos pontos P2 e P4 apresentam bons resultados na manutenção dos padrões definidos para os parâmetros.

### 7.1.6 SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS

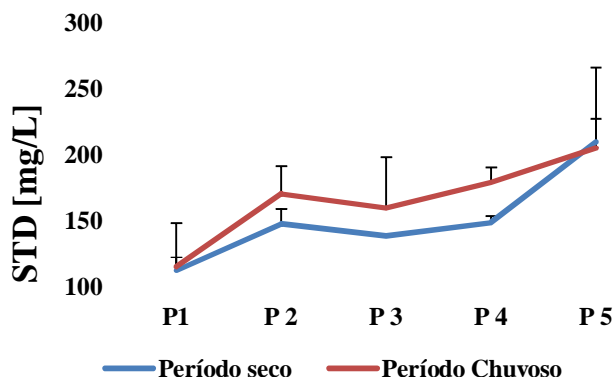


Figura 34 - Média e desvio padrão dos resultados de STS, para os períodos seco e chuvoso.

Verifica-se na figura 34 um aumento significativo no aporte de material particulado ao curso d'água. Tendo também como padrão de comparação o ponto P1, a medida que o referido córrego passa pelo empreendimento vai sofrendo alterações no que tange ao volume de sedimento por ele incorporado. Observa-se uma mesma tendência tanto para o período seco, quanto para o período chuvoso, contudo neste o volume de material carregado é maior, o que comprova influência da sazonalidade no comportamento dos processos de assoreamento, acentuados nos períodos de maior pluviosidade.

A figura 35 ilustra no barramento B3 (ponto de monitoramento P5), o desenvolvimento de taboa (*Typha domingensis*), em grande parte de sua área, o que evidencia os processos de assoreamento que comprometem a retenção dos materiais e justifica os altos valores dos parâmetros de sólidos suspensos totais, sólidos totais em suspensão e turbidez aferidos neste ponto.



Figura 35 - Processos de assoreamento evidenciados pelo desenvolvimento de taboa (*Typha domingensis*), barramento B3. (Foto do autor).

Os dados apresentados neste item demonstram a necessidade de se adotarem medidas de manejo adequadas para garantir a qualidade das águas superficiais e principalmente a eficiência das estruturas existentes na mitigação dos processos erosivos e de assoreamento.

Os procedimentos de dragagem anteriormente utilizados pela empresa devem ser retomados para que assim a capacidade de retenção de sedimentos dos barramentos em períodos chuvosos seja mantida. Entretanto, em períodos secos onde os processos de assoreamento são minimizados a frequência da dragagem pode ser reduzida.

Outra medida que pode diminuir processo de carreamento de material particulado em períodos com altos índices de pluviosidade é a manutenção das bacias de decantação existentes nas vias de acesso à mina. A retirada do sedimento decantado nessas bacias, aumentam a capacidade de decantação do material, bem como os volumes de material retidos em períodos chuvosos mais intensos.

Contudo, estes procedimentos devem ser executados nos meses de setembro e outubro, antes dos períodos de chuva, considerando que este é o período ideal para a

manutenção dos barramentos e bacias de decantação, preparando as estruturas existentes para os períodos que demandam total eficiência dos métodos de mitigação adotados.

### 7.1.7 ÓLEOS E GRAXAS

Para o parâmetro de óleos e graxas, foram coletadas amostras no ponto 4, ou barramento B2, isto devido ao fato de que este barramento encontra-se a jusante da usina de processamento de minério e ainda de instalações potencialmente fontes desse poluente como, oficina de manutenção de máquinas e caminhões e postos de abastecimento de combustível. As coletas foram realizadas concomitantemente aos demais parâmetros analisados neste estudo, compreendendo também os períodos seco e chuvoso.

Os resultados obtidos são apresentados na tabela 3 e anexo3.

Tabela 3 – Resultado do parâmetro de óleos e graxas

<b>PERÍODO</b>	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Junho	Julho	Agosto
<b>Resultados mg/L</b>	< 5	< 5	6	< 5	< 5	< 5

Conforme pode ser observado na tabela 3, somente no mês de fevereiro foi detectado uma pequena alteração na ordem de 6 mg/L., entretanto para os demais meses amostrados não foram observadas alterações para o parâmetro analisado. Contudo conforme o padrão estabelecido pela RESOLUÇÃO/CONAMA Nº 357, de 17 de Março de 2005, para Águas Doces Classe II, os limites permitidos são virtualmente ausentes, ou seja, não são tolerados valores mínimos de alteração para esse parâmetro. Sendo assim é importante à vistoria e manutenção das potenciais fontes de vazamento, para assim diminuir as chances de acidentes de proporções significativas. Entretanto para uma avaliação mais detalhada desse parâmetro é necessário que o monitoramento do mesmo ocorra considerando um maior número de pontos amostrais e ainda em intervalos de tempo menores por um período maior de tempo.

## 7.2 LEVANTAMENTO FLORÍSTICO

A mina de Níquel possui aproximadamente oito hectares de área total de remanescentes florestais próximos, ocupados por Floresta Estacional Semidecidual.

A vegetação herbácea, representada principalmente por gramíneas encontra-se principalmente nas áreas de maior incidência luminosa, com baixa diversidade de espécies.

O levantamento de campo permitiu identificar na área, 25 espécies diferentes, pertencentes a 13 famílias botânicas.

As famílias mais numerosas foram Leguminosae (6 espécies), Lauraceae (4 espécies), Rutaceae (3 espécies), e ainda Euphobiaceae, Rubiaceae, ambas com (2 espécies). A Tabela 4 apresenta a florística dos remanescentes florestais levantados.

Os dados obtidos no levantamento florístico mensurados qualitativamente permitiram a identificação de espécies vegetais mais representativas do mosaico florestal remanescente da área de estudo (figura 36). Os dados permitiram ainda a compilação das características fenológicas e ecológicas de cada espécie vegetal identificada. Estas informações deram subsídio para ações voltadas à coleta de sementes e produção de mudas que fomentarão o processo de recuperação ambiental a ser executado na área.

Tabela 4 - Espécies vegetais encontradas na área de estudo.		
Família	Indivíduos	Classificação Sucessional
Leguminosae	<i>Inga edulis</i> Mart.	pioneira
	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart) J.F Macbr.	secundária
	<i>Dalbergia frutescens</i> (vell) Britton	
	<i>Erytrina poeppigiana</i> (Walp) O.F Cook	Secundária
	<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell) Benth	pioneira
	<i>Platypodium elegans</i> Vogel	secundária
Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i> Cambess	secundária
Lauraceae	<i>Nectandra lanceolata</i> Ness e Mart ex. Ness	pioneira
	<i>Ocotea pulchela</i> Mart.	secundária
	<i>Aniba firmula</i> (Ness e Mart ex Ness) Mez	climax
	<i>Nectandra rígida</i> (Kunth) Ness	pioneira
Rutaceae	<i>Galipea jasminiflora</i> (A. St.-Hill.) Engl.	climax
	<i>Zantoxylum hiemale</i> A.St.-Hil	pioneira
	<i>Ezembekia febrifuga</i> (A.St.-Hil) Juss. Ex Mat	tardia
Flacourtiaceae	<i>Caseária gossyosperma</i> Briquet	Secundária
Euphobiaceae	<i>Croton Piptocalyx</i> Mull. Arg.	pioneira
	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng) Mull. Arg.	pioneira
Rubiaceae	<i>Psychotria Cartagenensis</i> Jacq.	
	<i>Cautarga hexandra</i> (Jacq) K. Schum	secundária
Lecythidaceae	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) kuntze	climax
Myrtaceae	<i>Campomanésia neriflora</i> (O.Berg) Nied.	Secundária
Piperaceae	<i>Piper amalago</i> L.	
Urticaceae	<i>Urtica baccifera</i> L. (Gaudick)	
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i>	pioneira
Cecropiaceae	<i>Cecrópia hololeuca</i> Miq.	pioneira



Figura 36 - Em A *Croton Piptocalyx* Mull. Arg., em B *Piptadenia gonoacantha* (Mart) J.F Macbr., em C Amostra de material vegetal e D indivíduo regenerante de *Cedrela fissilis*.(Fotos do autor).

A tabela 5 apresenta as características fenológicas e ecológicas das espécies vegetais identificadas, no que tange o período de florescimento e maturação dos frutos, bem como procedimentos para coleta de sementes e produção de mudas.

Tabela 5 - Fenologia, obtenção de sementes e coleta de sementes.			
Nome científico	Fenologia	Coleta de Frutos	Produção de mudas
<i>Inga edulis Mart.</i>	Floresce durante os meses de outubro-janeiro, e os frutos amadurecem a partir do mês de maio.	Colher os frutos diretamente na árvore quando iniciarem a queda espontânea ou recolhe-los no chão, em seguida abrir manualmente a vagens e retirar as sementes envoltas pelo arilo. Não deixa-las secar. Um quilo de sementes tem aproximadamente 560 unidades.	Colocar as sementes para germinação imediatamente após retirar-las das vagens em canteiros sombreados contendo substrato organo-argiloso. Em seguida cobri-las com uma fina camada de substrato peneirado e irrigar duas vezes ao dia, a emergência ocorre em poucos dias e a taxa de emergência é geralmente alta. Transplantar as mudas para embalagens individuais quando tiverem de 4-6 folhas e daí 4-5 meses para o plantio definitivo. Seu desenvolvimento em campo é rápido.
<i>Piptadenia gonoacantha (Mart) J.F Macbr.</i>	Floresce durante os meses de outubro-janeiro, e os frutos amadurecem a partir do mês de maio.	Colher os frutos diretamente na árvore quando iniciarem a queda espontânea ou recolhe-los no chão. em seguida abrir manualmente a vagens e retirar as sementes envoltas pelo arilo. Não deixa-las secar. Um quilo de sementes tem aproximadamente 560 unidades.	Colocar as sementes para germinação imediatamente após retirar-las das vagens em canteiros sombreados contendo substrato organo-argiloso. Em seguida cobri-las com uma fina camada de substrato peneirado e irrigar duas vezes ao dia, a emergência ocorre em poucos dias e a taxa de emergência é geralmente alta. Transplantar as mudas para embalagens individuais quando tiverem de 4-6 folhas e daí 4-5 meses para o plantio definitivo. Seu desenvolvimento em campo é rápido.
<i>3Cautarga hexandra (Jacq) K. Schum</i>	Florescem em mais de uma época do ano, porém predominando durante os meses de agosto-outubro. Os frutos amadurecem em junho-julho.	Colher os frutos diretamente da árvore quando adquirirem cor branca e iniciarem a queda espontânea. Em seguida deixa-los em amontoados em sacos plásticos até a decomposição parcial da polpa, para facilitar a remoção da semente através de lavagem em água corrente. Um quilo de sementes possui aproximadamente 8.600 unidades.	Colocar as sementes para germinação em canteiro ao sol contendo substrato arenoso. Em seguida cobri-las com uma fina camada de substrato peneirado. A emergência ocorre em 40-60 dias e a taxa de germinação geralmente é inferior a 50%. O desenvolvimento das plantas no campo é considerado lento.

<p><i>Cariniana estrellensis (Raddi) kuntze</i></p>	<p>Floresce nos meses de outubro a dezembro, juntamente com o surgimento da nova folhagem. Os frutos amadurecem de julho a setembro com a planta totalmente despida da folhagem.</p>	<p>Colher os frutos diretamente da árvore quando iniciarem a abertura espontânea; em seguida deixa-los ao sol para completar a abertura e liberação das sementes. Um quilograma contém aproximadamente 12.000 sementes.</p>	<p>Colocar as sementes para germinar logo que colhidas em canteiros semi-sombreados, contendo substrato organo-argiloso. Cobrir levemente as sementes com substrato peneirado e irrigar duas vezes ao dia. A emergência ocorre de 12-25 dias e a taxa de germinação é geralmente abundante, (95%). Transplantar as mudas para recipientes individuais quando tiverem entre 6-8 cm de altura e leva-las para o plantio definitivo quando com 6-8 meses de idade. Desenvolvimento em campo é considerado médio, alcançando 2,5-3,0 m de altura aos 2 anos.</p>
<p><i>Cupania vernalis Cambess</i></p>	<p>Floresce dos meses de março-maio. A maturação dos frutos verifica-se desde o final de setembro até novembro.</p>	<p>Colher os frutos diretamente da árvore quando iniciarem a abertura espontânea. Em seguida leva-los ao sol para completar a abertura e liberação das sementes. Não há necessidade de retirar a pequena porção de arilo que recobre parcialmente a base da semente. Um quilograma de sementes assim obtidas contém aproximadamente 2.580 unidades. Sua viabilidade de armazenamento é curta.</p>	<p>Colocar as sementes para germinação logo que colhidas e sem nenhum tratamento, em canteiros ou diretamente em recipientes individuais contendo substrato areno-argiloso e, mantidas em ambiente semi-sombreados; cobri-las com uma camada de 0,5 cm do substrato peneirado e irrigar duas vezes ao dia. A emergência ocorre em 20-30 dias e , a germinação geralmente é bastante baixa. Transplantar as mudas dos canteiros para embalagens individuais quando atingirem 4-6 cm, as quais ficaram prontas para o plantio definitivo em 8-10 meses. O desenvolvimento das plantas no local definitivo depende da fertilidade do solo, porém é geralmente lento.</p>
<p><i>Nectandra lanceolata Ness e Mart ex. Ness</i></p>	<p>Floresce dos meses de setembro-dezembro. Os frutos iniciam a maturação em janeiro, prolongando-se até março.</p>	<p>Colher os frutos diretamente na árvore quando iniciarem a queda espontânea ou recolhe-los no chão. Em ambos os casos, deixa-los amontoados alguns dias e proceder ao despoldamento em água quente; em seguida deixa-los secar á sombra.</p>	<p>Colocar as sementes ou frutos logo após os procedimentos de coleta, em canteiros ou diretamente em recipientes individuais localizados em ambiente semi-sombreado contendo substrato organo-argiloso. Emergência ocorre 30-50 dias e a taxa de germinação é geralmente baixa. O desenvolvimento das mudas, bem como plantas no campo é relativamente lento.</p>

<p><i>Ocotea pulchella</i> Mart.</p>	<p>Floresce em diferentes épocas do ano dependendo do local, porém com maior intensidade nos de novembro-janeiro. A frutificação predominante é em maio-julho.</p>	<p>Colher os frutos diretamente na árvore quando iniciarem a queda espontânea ou recolhe-los no chão. Em seguida deixa-los secar à sombra para reduzir a umidade da popa. Os frutos assim obtidos podem ser utilizados para semeadura como se fossem sementes, não havendo necessidade de despolpa-los.</p>	<p>Colocar os frutos para germinar, logo que colhidos e sem nenhum tratamento, em canteiros semi-sombreados contendo substrato organo-argiloso; cobrir as sementes com uma fina camada de substrato peneirado e irrigar duas vezes ao dia. A germinação ocorre em 30-0 dias e, o índice de germinação é geralmente baixo. O desenvolvimento das mudas é lento, porém o das plantas no campo é moderado, podendo alcançar 3 m aos 2 anos.</p>
<p><i>Aniba firmula</i> (Ness e Mart ex Ness) Mez</p>	<p>Floresce durante um longo período do ano, predominando, entretanto durante os meses de setembro-novembro. Os frutos amadurecem principalmente de janeiro a março.</p>	<p>Colher os frutos diretamente na árvore quando iniciarem a queda espontânea ou recolhe-los no chão. Em seguida deixa-los amontoados alguns dias em saco plástico até a decomposição parcial da popa visando facilitar a remoção da semente. Um quilograma de sementes possui aproximadamente 460 unidades.</p>	<p>Colocar as sementes para germinação logo que colhidas diretamente em embalagens individuais contendo substrato organo-arenoso. A emergência ocorre em 4-6 semanas e a taxa de germinação é baixa. O desenvolvimento das plantas no campo é lento.</p>
<p><i>Nectandra</i> <i>rígida</i> (Kunth) Ness</p>	<p>Floresce em diferentes épocas do ano e até duas vezes, porém com maior intensidade nos meses de janeiro-março. Os frutos também amadurecem em diferentes épocas dependendo do ano, porém principalmente em junho-agosto.</p>	<p>Colher os frutos diretamente da árvore quando iniciarem a queda espontânea. Os frutos assim obtidos podem ser utilizados para o plantio, não havendo a necessidade de despolpa-los. Um quilograma de sementes contém aproximadamente 1.300 unidades.</p>	<p>Colocar as sementes para germinar logo que colhidas, em canteiro sombreado com substrato rico em matéria orgânica. A emergência demora 25-30 dias. O desenvolvimento no campo é considerado médio.</p>
<p><i>Galipea</i> <i>jasminiflora</i> (A. St.-Hill.) Engl.</p>	<p>Floresce quase o ano inteiro, com predominância entretanto, nos meses de verão. Os frutos maturam-se de junho a agosto.</p>	<p>Colher os frutos diretamente da árvore quando iniciarem a abertura espontânea. Em seguida deixa-los ao sol para completar a abertura e liberação das sementes. Um quilograma de sementes possui aproximadamente 32.000 unidades.</p>	<p>Colocar as sementes para germinação logo que colhidas em canteiros semi-sombreados contendo substrato arenoso. Em seguida cobri-las com uma fina camada de substrato peneirado e irrigar duas vezes ao dia. A emergência ocorre em 30-50 dias e a taxa de germinação é geralmente baixa.</p>

<p><i>Zantoxylum hiemale</i> A.St.- <i>Hil</i></p>	<p>Floresce o ano todo com maior predominância nos meses de agosto a novembro. Os frutos amadurecem geralmente de janeiro a março.</p>	<p>Colher os frutos diretamente da árvore quando iniciarem a abertura espontânea. Em seguida deixa-los ao sol para completar a liberação das sementes. Um quilograma de sementes contém aproximadamente 39.000 unidades.</p>	<p>Colocar as sementes para germinação logo que colhidas em canteiros a pleno sol contendo substrato arenoso. Em seguida cobri-las com uma fina camada de substrato peneirado e irrigar duas vezes ao dia. A emergência ocorre em 40-60 dias e a taxa de germinação geralmente é baixa. O crescimento das plantas em campo é moderado.</p>
<p><i>Ezembekia febrifuga</i> (A.St.- <i>Hil</i>) Juss. Ex <i>Mat</i></p>	<p>Floresce no meses de agosto a novembro e os frutos amadurecem de janeiro a junho.</p>	<p>Colher os frutos diretamente da árvore quando iniciarem a abertura espontânea. Em seguida devem ser deixados ao sol para completar a abertura e liberação das sementes. Um quilograma contém aproximadamente 28.000 unidades.</p>	<p>Colocar as sementes para germinação logo que colhidas em canteiros semi-sombreados contendo substrato arenoso. Em seguida cobri-las com uma fina camada de substrato peneirado e irrigar duas vezes ao dia. A emergência ocorre de 25-30 dias e a taxa de germinação geralmente é média. O desenvolvimento das plantas em campo é moderado.</p>
<p><i>Caseária gossyosperma</i> <i>Briquet</i></p>	<p>Floresce a partir do final de setembro, com a planta totalmente despida da folhagem, prolongando-se até outubro. A florada é abundante, porém bastante efêmera, não ultrapassando 10 dias. Os frutos amadurecem logo após a floração nos meses de outubro-novembro.</p>	<p>Colher os frutos diretamente da árvore quando iniciarem a abertura espontânea. Como os frutos são pequenos e geralmente não muito abundantes, deve-se atentar para determinar a época exata de colhê-los. Isto ocorre logo após a floração (15-35) dias. Em seguida leva-los ao sol para secagem e liberação das sementes.</p>	<p>Colocar as sementes para germinação logo que colhidas em canteiros sombreados contendo substrato organo-argiloso. Preparar um leito de sementeira bem uniforme com substrato peneirado e cobrir muito levemente as sementes com esse mesmo material; para evitar o arranquio das sementes durante a irrigação, cobrir o canteiro com saco de estopa, retirando-o logo após a emergência das plântulas (15-35) dias. O desenvolvimento das plantas no campo é rápido.</p>
<p><i>Croton Piptocalyx</i> Mull. <i>Arg.</i></p>	<p>Floresce durante os meses de outubro-novembro. A maturação dos frutos verifica-se em janeiro-fevereiro.</p>	<p>Colher os frutos diretamente da árvore quando iniciarem a abertura espontânea. Em seguida leva-los ao sol para completarem a abertura e liberação das sementes. Devido a deiscência explosiva, cobri-los com tela ou peneira durante a secagem para evitar a perda de sementes. Sua viabilidade de armazenamento é curta, não ultrapassando 4 meses.</p>	<p>Colocar as sementes para germinação logo que colhidas e sem nenhum tratamento, em canteiros sombreados contendo substrato organo-argiloso. Em seguida cobri-las com uma fina camada de substrato peneirado e irrigar duas vezes ao dia. A emergência ocorre de 25-45 dias e a taxa de germinação é baixa. Tempo para plantio em 4-5 meses.</p>

<p><i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng) Mull. Arg.</p>	<p>Floresce nos meses de outubro-novembro e. os frutos maturam-se em dezembro-janeiro.</p>	<p>Colher os frutos diretamente da árvore quando iniciarem a abertura espontânea, o que é facilmente notado pela exposição do arilo vermelho-vivo que envolve as sementes. Em seguida leva-los ao sol para completar a abertura e liberação das sementes. Não há necessidade de retirar o arilo da semente, apenas deixa-lo secar.</p>	<p>Colocar as sementes para germinação tão logo estejam preparadas, em canteiro com substrato argiloso rico em matéria orgânica, irrigando duas vezes ao dia. A emergência ocorre em 20-40 dias e, a taxa de germinação geralmente é baixa. Transplantar as mudas para recipientes individuais quando tiverem de 3-5 cm de altura. O desenvolvimento das plantas no campo é rápido.</p>
<p><i>Machaerium nycitans</i> (Vell) Benth</p>	<p>Floresce nos meses de fevereiro e maio. Os frutos maturam-se em setembro e outubro.</p>	<p>Colher os frutos diretamente da árvore quando iniciarem a queda espontânea. Os frutos assim obtidos podem ser usados diretamente na sementeira como se fossem sementes, uma vez que abertura e retirada das sementes é praticamente impossível.</p>	<p>Colocar os frutos para germinar assim que colhidos diretamente em recipientes individuais, contendo substrato organo-argiloso e mantidos em ambiente semi-sombreado; cobri-los com uma camada de 0,5 cm de substrato peneirado, irriga-los 2 vezes ao dia. A emergência ocorre em 10-20 dias e, a germinação geralmente é baixa. O desenvolvimento das mudas é rápido 5-6 meses e, seu desenvolvimento no campo é considerado moderado, alcançando 2,5 m aos 2 anos.</p>
<p><i>Platypodium elegans</i> Vogel</p>	<p>Floresce a partir de meados de setembro, prolongando-se até novembro. Os frutos amadurecem nos meses de setembro-outubro, entretanto permanecem por mais um tempo sobre a árvore.</p>	<p>Colher os frutos diretamente da árvore quando iniciarem a queda espontânea, ou recolhe-los no chão. Os frutos assim obtidos podem ser diretamente utilizados na sementeira, uma vez que a abertura do fruto e retirada das sementes é praticamente impossível. Um quilograma de sementes contém aproximadamente 770 unidades, cuja viabilidade de armazenamento é superior a 8 meses.</p>	<p>Colocar os frutos para germinação assim que colhidos e sem nenhum tratamento, diretamente em recipientes individuais em ambiente ensolarado e contendo substrato organo-argiloso (mudas sensíveis ao transplante); cobri-los com uma camada de 0,5 cm de substrato peneirado e irrigar duas vezes ao dia. A emergência ocorre em 15-25 dias e, a taxa de germinação geralmente é superior a 50% para os frutos novos. O desenvolvimento das mudas é lento, ficando prontas para o plantio definitivo em 8-9 meses. O desenvolvimento das plantas no campo também é lento.</p>

<p><i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp) O.F Cook</p>	<p>Floresce durante um longo período do ano, com as plantas quase totalmente desprovidas da folhagem, entretanto tendo o seu auge nos meses de junho-julho. Os frutos amadurecem a partir de julho.</p>	<p>Colher os frutos (vagens), diretamente da árvore ou quando iniciarem a abertura espontânea. Em seguida deixa-los ao sol até completar a abertura e liberação das sementes. Um quilograma de sementes contém aproximadamente 5.800 unidades.</p>	<p>Colocar as sementes para germinação logo que colhidas em canteiros ou diretamente em embalagens contendo substrato organo-arenoso e mantidos a pleno sol. Em seguida cobri-las com uma camada de 0,5 cm do substrato peneirado e irrigar duas vezes ao dia. A emergência ocorre em 1-2 semanas e, a taxa de germinação é alta. O desenvolvimento das plantas no campo é bastante rápido.</p>
<p><i>Campomanésia neriflora</i> (O.Berg) Nied.</p>	<p>Floresce abundantemente durante os meses de outubro e novembro e os frutos amadurecem em dezembro-janeiro.</p>	<p>Colher os frutos diretamente da árvore quando adquirirem cor branca e iniciarem a queda espontânea. Em seguida deixa-los em amontoados em sacos plásticos até a decomposição parcial da polpa, para facilitar a remoção da semente através de lavagem em água corrente. Deixa-las secar à sombra sem contudo desidratá-las. Um quilo de sementes possui aproximadamente 24.000 unidades.</p>	<p>Colocar as sementes para germinação imediatamente após sua colheita e preparo em canteiros semi-sombreados contendo substrato organo-arenoso. Em seguida cobri-las com uma fina camada de substrato peneirado e irrigar duas vezes ao dia. A emergência ocorre em poucas semanas e, a taxa de germinação é baixa.</p>
<p><i>Cedrela fissilis</i></p>	<p>Floresce durante os meses de agosto a setembro. Seus frutos amadurecem com a árvore totalmente desfolhada durante os meses de julho-agosto. Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis.</p>	<p>Colher os frutos diretamente da árvore quando iniciarem a abertura espontânea. Em seguida leva-los ao sol para completar a abertura e liberação das sementes. Um quilograma possui aproximadamente 21.000 unidades, cuja viabilidade de armazenamento é superior a quatro meses.</p>	<p>Colocar as sementes para germinação logo que colhidas em canteiros semi-sombreados contendo substrato argiloso; cobri-las com uma fina camada de substrato peneirado e irrigar duas vezes ao dia. A germinação é abundante e ocorre em 18-20 dias. Em 70-120 dias de transplante em saquinhos individuais, já podem ser levadas para plantio definitivo. O desenvolvimento das plantas no campo é considerado rápido, podendo atingir 3-4 m de altura aos 2 anos.</p>

<p><i>Cecrópia hololeuca</i> Miq.</p>	<p>Floresce nos meses de setembro-outubro. A maturação dos frutos ocorre durante os meses de maio-junho.</p>	<p>Colher os frutos diretamente da árvore quando estiverem maduros, o que é facilmente notado pela presença de frutos mordidos por pássaros. Em seguida deixa-los em repouso por alguns dias para iniciar a decomposição e facilitar a sua maceração em água.as sementes são separadas filtrando-se a suspensão de frutos e deixando o filtrado secar ao sol. Um quilograma de sementes contém aproximadamente 800.000 unidades.</p>	<p>Colocar as sementes para germinar logo que colhidas em canteiros a pleno sol contendo substrato argiloso. A emergência ocorre em 25-40 dias e a germinação é baixa. Transplantar as mudas para embalagens individuais quando atingirem de 3-5 cm; estas podem ser plantadas no local definitivo em menos de 3 meses.</p>
---------------------------------------	--	--	---

Fonte: (Lorenzi, 2008)

Os dados apresentados acima fomentaram não só a produção de mudas para o plantio em áreas a serem recuperadas, como também auxiliaram na implantação e monitoramento dos coletores a serem instalados para a coleta de sementes nos remanescentes florestais existentes na área, assunto este descrito no item 7.3.6.

### 7.3 EXPERIMENTO

O experimento foi implantado com a intenção de se avaliar qualitativamente, quais das técnicas do método de nucleação são mais eficientes em curto e médio prazo para a recuperação das áreas degradadas do referido empreendimento.

Os resultados referentes à avaliação dos métodos de nucleação utilizados para recuperação das áreas degradadas pela mineração de níquel em Pratápolis – MG discutem a viabilidade na implantação dos métodos de nucleação, no que tange ao desenvolvimento de cada técnica implantada nas áreas experimentadas.

#### 7.3.1 RECOMPOSIÇÃO DE SOLO

Considerando o atual perfil de degradação em que se encontra a área, a recomposição de solo tornou-se parte preponderante para o processo de experimentação.

O volume de solo disponível e selecionado para o experimento condicionou o tamanho das áreas de experimento, visto que se deu preferência à espessura do solo recomposto, que foi neste caso de aproximadamente 25 cm. (figura 37).



Figura 37 - Em A e B área de experimento 1, antes e depois da recomposição do solo, e em C e D a área 2 após o mesmo procedimento. (Fotos do autor).

A recomposição do banco de sementes do solo, tanto para as áreas 1 e 2, além de permitir o andamento do processo de recuperação, com implantação das demais técnicas de nucleação, contribuiu para a propagação de plântulas de espécies variadas o que reforça a eficiência do banco genético nos processos de sucessão secundária. A figura 38, ilustra em A e B a área de experimento 1 antes e depois da recomposição de solo, e em C e D a área 2 antes e depois da recomposição do solo, e a evolução dos processos de sucessão ocorridos após 120 dias da implantação do experimento. Verifica-se em A e C, áreas 1 e 2 respectivamente, que a atividade de extração no local removeu completamente o top soil e ocorre apenas a presença de algumas espécies de gramíneas invasoras nessas áreas.



Figura 38 - As figuras A e B representam a área 1 antes e depois da recomposição de solo respectivamente, em C e D o respectivo desenvolvimento da área 2 em um período de 120, dias para ambas as áreas. (Fotos do autor).

Apesar dos resultados serem, apenas parciais, foi possível verificar o desenvolvimento de propágulos de espécies arbustivas e herbáceas que germinaram devido ao banco de sementes contido nas porções de solo recompostas. Em detalhe, verifica-se o desenvolvimento de propágulos desencadeado pela implantação da técnica (figura 39).



Figura 39 - Desenvolvimento de plântulas a partir de propágulos contidos no banco de sementes do solo remanejado, as figuras A e B representam a área 1 e as figura C e D a área 2 do experimento. (Fotos do autor).

### 7.3.2 ADUBAÇÃO VERDE

A implantação da adubação verde consistiu na semeadura ou plantio direto de espécies de leguminosas, cujas características principais são diminuir a compactação do solo e aumentar a fixação de nitrogênio por estarem quase sempre associadas a fungos micorrízicos que favorecem o desenvolvimento dessas características. No experimento realizado neste estudo, optou-se pela utilização de *Vigna unguiculata* também conhecido como feijão-de-corda. Utilizou-se plantio direto, em covas equidistantes de 50 cm nas áreas de experimento, com o objetivo de acelerar o desenvolvimento das características acima mencionadas.

A figura 40 apresenta os resultados obtidos com a aplicação do método para as duas áreas de experimento num período de 120 dias.



Figura 40 - Desenvolvimento das mudas após 60 e 120 dias respectivamente, em A e B para a área 1 e em C e D para a área de experimento 2. (Fotos do autor).

O desenvolvimento das sementes para o período considerado revela que o processo de adubação embora aparentemente viável e estabelecido, demandará um tempo maior para atingir o estágio de interesse. Diante disso é necessário um maior tempo para o seu desenvolvimento e o monitoramento periódico do desenvolvimento das mudas para melhor quantificar a relação tempo-resposta da espécie à técnica implantada no experimento.

Vale ressaltar que as características do solo mencionadas neste estudo são também condicionantes ao desenvolvimento das plantas, assim, com baixos índices de pluviosidade em alguns meses (figura 2), e impossibilidade de irrigação artificial, é importante que a implantação das técnicas anteceda os períodos chuvosos.

Contudo, somente o fato de que as plantas após 120 dias de monitoramento continuam apresentando-se em estágio de desenvolvimento, deixa claro que a técnica não só responde as expectativas, como também reafirma sua eficiência para recuperação das áreas do experimento em questão.

### 7.3.3 TRANSPOSIÇÃO DE SOLO E SERRAPILHEIRA

A transposição de solo e serrapilheira tiveram início 30 dias após o término da adubação, esse intervalo foi dado considerando a necessidade de observar como a espécie implantada responderia ao solo recomposto, e qual o nível de desenvolvimento averiguado nesse período.

O intuito da implantação desta técnica é averiguar o quão eficiente são as áreas de empréstimo, próximas às áreas a serem recuperadas, no aporte genético de espécies.

A figura 41 detalha o desenvolvimento de plântulas dentro dos núcleos transplantados para as duas áreas de experimento após um período de 180 dias.



Figura 41 - Desenvolvimento de propágulos nos núcleos de solo transplantados na área 1 em A e B e área 2 em C e D. (Fotos do autor).

Constatou-se que os resultados em curto prazo são significativos, considerando o contexto em que a técnica foi testada, as condições da área de empréstimo e o número de plântulas germinadas dentro dos núcleos de solo transplantados bem como o desenvolvimento destes, os resultados foram extremamente promissores para as duas áreas de experimento.

Considerando ainda o estágio prematuro de desenvolvimento dos propágulos não é sensato identificar as espécies germinadas, sendo necessário um período maior de monitoramento para a avaliação dessas variáveis.

#### 7.3.4 TRANSPOSIÇÃO DE GALHARIA

A transposição de galharia foi implantada concomitantemente à recomposição do solo, com a intenção de manter a umidade, fornecer sombra e ainda desencadear os processos de decomposição que visam fornecer matéria orgânica às porções de solo que recobre, processos estes, indispensáveis aos ciclos de sucessão ecológica.

A implantação da técnica apresentou resultados consideráveis no que tange o objetivo de sua implantação.



Figura 42 - Transposição de galharia, em A e B a conservação da umidade do solo e fornecimento de sombra, em C e D desencadeamento dos processos de decomposição para as áreas 1 e 2 respectivamente. (Fotos do autor).

Como pode ser visto na figura 42, a conservação da umidade do solo, o fornecimento de sombra para as plântulas e o desenvolvimento de fungos, foram constatados no período monitorado, elucidando a eficiência da técnica avaliada no experimento e comprovando a viabilidade na sua implantação para compor o processo de recuperação a ser realizado na área de estudo.

Observa-se também, que a técnica apresentou os resultados esperados no período em que foi monitorada, firmando sua eficiência tanto para a recuperação da área objeto do estudo, quanto em alcançar os objetivos pretendidos pela utilização da técnica para RAD. Pode verificar-se ainda que a técnica não apresentou no período em que foi monitorado, nenhum sinal de que a fauna possa ter interagido com o local, conforme anteriormente mencionado, áreas degradadas não oferecem recursos à fauna e deixam de ser visitados por esta.

### **7.3.5 POLEIRO SECO**

Os resultados obtidos com a implantação dos poleiros nas áreas de experimento revelam que apesar das áreas encontrarem-se bastante degradadas e a uma distância considerável das áreas de empréstimo ou remanescentes florestais mais próximos, a técnica apresentou resultados significativos. Resultados estes que atendem as expectativas e confirmam a eficiência da técnica no aporte genético e desencadeamento dos processos de recolonização nas áreas experimentadas.

Ambas as áreas de experimento apresentaram evidências de que os poleiros implantados atraíram a avifauna local, constatando-se a presença de excrementos de aves nos locais onde foram implantados, e em alguns casos foi possível observar até mesmo a presença de sementes nesses excrementos, o que confirma sua eficiência, considerando seu objetivo de implantação.

É importante salientar que os poleiros de 5 m. de altura apresentaram melhores resultados considerando a quantidade de material fecal observado em sua base, e ainda, por resistir melhor às condições meteorológicas da área se comparado aos poleiros de 3 m., que neste experimento foram feitos com bambu que facilmente são derrubados, devido os fortes ventos que atingem as cotas mais altas onde foram testados.

A figura 43, ilustra as áreas de experimento 1 e 2, em A poleiros implantados na área 1, em B poleiros implantados na área 2 e ainda ao fundo, uma visão do topo do

morro onde se encontra área 1, dando uma dimensão da distância entre as áreas e diferença das cotas em que foram implantadas.



Figura 43 - Poleiros implantados na área de experimento 1 em A, e área de experimento 2 em B. (Foto do autor).

A figura 44 ilustra algumas das evidências registradas em ambas as áreas experimentadas confirmando que a técnica forneceu atrativos a avifauna local e pode ser considerada uma importante ferramenta do método de nucleação para a recuperação das áreas degradadas no local experimentado neste estudo. Nota-se a presença de sementes junto ao material fecal o que ressalta o potencial da técnica no incremento do banco genético do solo e consequentemente na diversidade biológica das áreas recuperadas.



Figura 44 - Diferentes poleiros experimentados, em A e B evidências encontradas nas áreas 1 e 2 respectivamente. (Fotos do autor).

### **7.3.6 COLETOR DE SEMENTES:**

Os coletores de semente foram instalados após os demais métodos avaliados neste trabalho. Considerando que os resultados da implantação da técnica mencionada, as sementes coletadas poderão ser utilizadas, tanto na produção de mudas como em outras técnicas de semeadura direta. Os dados contidos no item 7.2 identificam não só as espécies vegetais mais representativas nos fragmentos florestais da área, como também, os períodos de floração e coleta de sementes de cada espécie encontrada e ainda, dados sobre germinação e produção de mudas.

Os dados metrológicos utilizados como referência neste estudo, demonstram que o melhor período para a semeadura direta do material coletado, ou demais técnicas indicadas e favorecidas pela técnica em questão, encontra-se entre os meses de novembro a fevereiro. Período este que apresentam o maior índice de pluviosidade no local sendo estes meses os mais indicados para o plantio ou semeadura das sementes a fim de garantir o máximo de aproveitamento dos recursos coletados.

O material deve ser coletado mensalmente durante todo o ano, as sementes devem ser identificadas, separadas e armazenadas, para que sejam germinadas em viveiro ou introduzidas nas áreas de RAD no período indicado, maximizando assim suas chances de germinação e desenvolvimento.



Figura 45 - Material interceptado em alguns dos coletores instalados. (Fotos do autor).

O monitoramento da técnica demonstrou que, os coletores instalados nos remanescentes florestais no entorno da mina, coletaram grande quantidade de material genético (sementes), no período de 30 e 60 dias em que foram monitorados. A figura 45 ilustra o material retido pelos coletores, ressalta-se também a grande quantidade de folhas e galhos que também são interceptados.

Outro fator importante é a distância que os coletores devem estar uns dos outros que é de no mínimo 100 m., isto a fim de evitar o comprometimento nos processos de sucessão das áreas de empréstimo e também a coleta de material genético entre grupos de indivíduos da mesma espécie.

## 8. CONCLUSÃO

O presente estudo resultou numa importante fonte de dados, no que tange à caracterização ambiental da área de estudo, bem como a avaliação do potencial de recuperação ambiental das áreas degradadas, permitido pelos recursos naturais remanescentes existentes no local.

O monitoramento limnológico permitiu a avaliação das alterações provocadas pela atividade de lavra e deposição de rejeitos ao curso hídrico, e pontuar os principais focos dessas alterações. Através da análise e interpretação dos dados amostrais, verificou-se que as alterações ocorridas são mais significativas durante os períodos com alto índice de pluviosidade, principalmente para os parâmetros sedimentológicos, que indicam claramente que o aporte de sedimentos ao curso d'água nesses períodos é extremamente acentuado. Para os parâmetros de TB, STD e STS, em alguns casos, observou-se valores muito acima dos padrões de qualidade determinados, o que demanda ações voltadas à estabilização desses parâmetros. Entretanto para os demais parâmetros avaliados, as alterações verificadas não ultrapassam os limites estabelecidos, porém, o monitoramento periódico dos parâmetros físicoquímicos, permite a identificação dos principais pontos de alteração, bem como o direcionamento das ações de mitigação a serem implantadas, e ainda o curto prazo das ações.

Embora as ações de monitoramento e mitigação mantenham os parâmetros de qualidade de água dentro dos limites estabelecidos, essas ações demandam manutenção e recursos.

Diante disso, a recuperação das áreas degradadas pela extração e deposição de rejeitos é parte preponderante na estabilização dos processos erosivos e de assoreamento do córrego afetado.

Neste contexto os experimentos implantados para avaliação do potencial das técnicas de nucleação na recuperação das áreas degradadas no local, apresentaram bons resultados, tanto nos baixos custos de implantação, como no desencadeamento e desenvolvimento dos processos de sucessão ecológica nos locais onde foram implantadas.

Todas as técnicas de nucleação avaliadas apresentaram alto potencial de aproveitamento, favorecendo no desenvolvimento de núcleos de dispersão e

consequentemente na recolonização biológica dos ambientes degradados, recuperados e monitorados neste experimento.

As observações do desenvolvimento das técnicas implantadas demonstraram que apesar da área apresentar um alto grau de degradação, os remanescentes florestais existentes nas proximidades apresentaram-se eficientes no fornecimento de material genético para os processos de recuperação. Através do levantamento florístico e caracterização da vegetação, observou-se que os remanescentes florestais encontram-se bem preservados embora alguns fragmentos ainda precisem de manejo e isolamentos adequados, contudo deve-se respeitar a capacidade suporte desses ambientes a fim de não comprometer seus processos de sucessão e indiretamente comprometer o aporte genético para os processos de recuperação. Para isso é necessário o correto dimensionamento na utilização das áreas de empréstimo garantindo assim sua integridade e sustentabilidade.

Após a avaliação dos resultados, conclui-se que o método de nucleação é viável para a recuperação das áreas em questão. Porém, em locais muito degradados e em períodos secos, o desenvolvimento dos processos de recuperação é mais lento, e ainda a implantação dos processos de recuperação devem anteceder os períodos chuvosos para que se maximizem as chances de germinação, desenvolvimento e estabilização dos núcleos e assim garantir um melhor aproveitamento dos recursos investidos e variabilidade genética dos ambientes recuperados.

Com o encerramento deste trabalho de pesquisa, pode-se afirmar que a área possui setores bastante comprometidos após vários anos de operação, contudo, a existência de remanescentes florestais ainda preservados contribui significativamente no aporte de material genético às ações de recuperação, desde que planejadas e executadas respeitando a capacidade suporte das áreas de empréstimo e baseadas nos preceitos de sustentabilidade que objetivam devolver a capacidade resiliência ambiental aos ambientes recuperados.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. **Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA).** Revista Brasileira de Recursos Hídricos , v. 8, n. 1, p. 81-97, 2003.

CARVALHO, N.O.; FILIZOLA JÚNIOR, N.P.; SANTOS, P.M.C.; LIMA, J.E.F.W. **Guia de práticas sedimentométricas.** Brasília: ANEEL. 2000. 154p.

CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERIAS-CETEC. Diagnóstico Ambiental do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1983.

Durigan, G.; Rodrigues, R. R. & Schiavini, I. 2000. **A heterogeneidade ambiental definindo a metodologia de amostragem da floresta ciliar.** Pp. 159-167. In: Rodrigues, R.R. & Leitão Filho, H.F. (eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação.** EDUSP, São Paulo.

FERREIRA, G.C. **Estudo de mercado produtor e consumidor de areia industrial no Estado de São Paulo.** (Tese de Doutorado), Rio Claro, 1995, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas.

GOMES. M.A, FILGUERAS. A. **Cultura Urbanística e Contribuição Modernista, Basil, Anos 1930-1960.** In Cadernos PPG/FAUFBA/Universidade Federal da Bahia. Ano 3, edição especial, 2005.

GOODLAND, R; FERRI, M.G. **Ecologia do Cerrado.** São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1979. 193 p.

HORNE, ALEXANDER J. and CHARLES R. GOLDMAN. **Limnology Second Edition.** McGraw Hill, Inc.. New York, 1994.

IBAMA. **Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração: Técnicas de Vegetação.** Brasília/DF, 1990.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>. Acessado em 28 de julho de 2013.

JARDIM, J.B.F. **Variação dos parâmetros físicos e químicos das águas superficiais da Bacia do Rio das Velhas-MG e sua associação com as florações de cianobactérias.** (Dissertação de Mestrado), Belo Horizonte, 2011 - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

JOHNSON, K. R., ERWAY, L. C., COOK, S. A., WILLOTT, J. F., and ZHENG, Q. Y. (1997). **A major gene affecting age-related hearing loss in C57BL/6J mice.** *Hear. Res.* 114: 83–92.

KAGEYAMA, P. e F. B. GANDARA. 2000. **Revegetação de Áreas Ciliares.** Páginas: 02-24 em R. R. Rodrigues, e H. F. Leitão-filho. **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação.** São Paulo: Editora da USP/ FAPESP.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras - manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil - Vol. 01 - 5. edição.** Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum. 2008.

MARTINS, S.V. **Recuperação de Áreas Degradadas: Como Recuperar Áreas de Preservação Permanente, Voçorocas, Taludes Rodoviários e Áreas de Mineração.** 3. Ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2013.

MARTINS, S.V. **Recuperação de matas ciliares.** Viçosa. Ed.. Aprenda fácil, 2011.

MARTINS, S.V. **Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados.** Viçosa, MG: E. UFV, 2012.

MOREIRA, I.V.D. **Vocabulário Básico do Meio Ambiente.** Rio de Janeiro: Feema/Petrobrás, 1992.

PEIXOTO, P. P. P. **Aspectos qualitativos das águas superficiais do córrego Curral de Arame.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. Resumos: Ribeirão Preto: SBCS. 2003.

RUDGE, A.C. **Contribuição da Chuva de Sementes na Recuperação de Áreas e o uso de Poleiros como Técnica Catalisadora da Sucessão Natural.** UFR-RJ, Serupedica/RJ, 2008.

SÁNCHEZ, L.E. **Avaliação de Impacto Ambiental Conceitos e Métodos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SCALCO, J.P. **Caracterização dos Impactos Ambientais da Indústria Oleira da Sub-Bacia do Ribeirão Jacutinga – Rio-Claro e Corumbataí/SP.** IGCE/UNESP/Rio Claro, 2011.

TOMMASI, L.R. **Estudo de Impacto Ambiental.** São Paulo: CETESB: Telegraph Artes e Informática, 1994.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal.** Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124 p.

YARRANTON, G. A.; MORRISON, R. G. **Spatial dynamics of a primary succession: nucleation.** *Journal of Ecology*, v. 62, n. 2, 1974.