

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

EDUARDO SCHMITZ BONGIOLO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS EM ÁREA DE
MINERAÇÃO DE CASSITERITA EM PROCESSO DE REABILITAÇÃO
AMBIENTAL, NA FLORESTA NACIONAL DO JAMARI, RONDÔNIA**

CRICIÚMA

2013

EDUARDO SCHMITZ BONGIOLO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS EM ÁREA DE
MINERAÇÃO DE CASSITERITA EM PROCESSO DE REABILITAÇÃO
AMBIENTAL, NA FLORESTA NACIONAL DO JAMARI, RONDÔNIA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental no curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. Ms. Sérgio Luciano Galatto.

CRICIÚMA

2013

EDUARDO SCHMITZ BONGIOLO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS EM ÁREA DE
MINERAÇÃO DE CASSITERITA EM PROCESSO DE REABILITAÇÃO
AMBIENTAL, NA FLORESTA NACIONAL DO JAMARI, RONDÔNIA**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenheiro Ambiental, no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Criciúma, 26 de novembro de 2013

BANCA EXAMINADORA

Prof. Engº Ambiental Sérgio Luciano Galatto – MESTRE – UNESC – Orientador

Prof. Geólogo Clóvis Norberto Savi – MESTRE – UNESC

Prof. Engº Químico José Alfredo Dallarmi da Costa – MESTRE – UNESC

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à minha família, que esteve sempre presente em minha vida. Principalmente meus pais, pela paciência, conselhos, dicas, carinho e amor que demonstraram sucessivas vezes, sempre me apoiando em minhas decisões, mesmo que isso implicasse em sair de casa aos 15 anos em busca da oportunidade de uma vida melhor.

Ao meu orientador, Professor Mestre Sérgio Luciano Galatto, pela paciência e conselhos durante o curso e o estágio. Aproveito para agradecer, também, a todos os outros professores do curso de Engenharia Ambiental, pelos conhecimentos repassados.

Agradeço à empresa pela oportunidade do estágio, abrindo as portas do mercado de trabalho para este futuro engenheiro.

Também agradeço ao meu supervisor de campo pelo tempo e disposição de me ensinar e acompanhar durante as atividades, além de todos os outros funcionários da empresa, principalmente o responsável pelo viveiro, que muito me ajudou na realização do trabalho.

Durante quatro anos do curso morei com meus tios, agradeço, portanto, o lar que tenho em Criciúma. Agradecimento especial para minha tia pela força que sempre nos passa, a mim e a seus filhos. Durante os três meses de estágio morei com outra pessoa que não posso esquecer-me de agradecer: minha avó paterna, à qual agradeço pelo carinho e boa comida que sempre sobraram em casa.

Aos meus colegas de curso, pela ajuda e parceria.

E não poderia esquecer de alguém muito especial, minha namorada, que esteve sempre pronta a me ajudar e acalmar nas horas mais difíceis, mesmo a distância.

“Ser engenheiro é mais que simplesmente SER, é fazer acontecer. É fazer a imaginação tomar forma e funcionalidade. Engenharia, derivada de engenhar que significa traçar, idear, inventar, fabricar ou construir. De fato, ser engenheiro é mais que ser, pois em nossas mãos a imaginação toma forma, e o horizonte se abre, se expande. Para nós o limite vai além do céu, vai aonde nossa imaginação nos levar. Para todas as coisas inexplicáveis existe Deus, para as outras existe a engenharia.”

Carlos Melo

RESUMO

O presente estudo buscou avaliar a qualidade das águas superficiais em área de mineração de cassiterita em processo de reabilitação ambiental, no interior da Floresta Nacional do Jamari, no estado de Rondônia. A área de estudo selecionada está sendo reabilitada há três anos, porém nunca foi realizado o monitoramento dos recursos hídricos. O objetivo geral deste estudo foi o de realizar uma análise comparativa de uma campanha amostral em águas superficiais com a legislação vigente (Resolução CONAMA 357/05 e Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde). Verificou-se também a evolução do processo de reabilitação através da análise de imagens de satélites e mapas sobre a área de estudo, a fim de subsidiar a proposição de um plano de monitoramento dos recursos hídricos superficiais e de pluviometria. A campanha amostral considerou quatro pontos e foram selecionados os seguintes indicadores da qualidade da água: acidez, alcalinidade total, cloreto total, cobalto total, coliformes termotolerantes, condutividade elétrica, cor verdadeira, cromo total, dureza total, estanho, ferro dissolvido, ferro total, fluoreto total, fosfato, oxigênio dissolvido, pH, sólidos dissolvidos, sólidos em suspensão, sólidos sedimentáveis, sulfato total e turbidez. Os dados pluviométricos se mostraram dentro da normalidade para o clima do estado, com alta pluviometria entre os meses de Outubro a Abril e um período de maior estiagem entre Maio e Setembro. Não foi possível determinar quando a mineração a céu aberto ocorreu, apenas supõe-se que tenha ocorrido com maior intensidade na década de 50 a 60, baseado nas imagens do software Google Earth, que demonstraram pouca variação da área minerada entre os anos de 1969 e 2010. O resultado analítico do ponto de amostragem utilizado demonstrou que a água do igarapé pode ser utilizada para vários fins, como, por exemplo, irrigação, aquicultura, pesca, recreação e outros. Com as referências bibliográficas consultadas e o conhecimento adquirido durante a realização da campanha amostral, foi possível propor um plano de monitoramento dos recursos hídricos superficiais e de pluviometria, indicando pontos de amostragem, indicadores ambientais e frequência de amostragem.

Palavras-Chave: Cassiterita. Monitoramento de Recursos Hídricos. Reabilitação de Área Degradada.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Bacias hidrográficas da FLONA do Jamari.....	15
Figura 02 – Diagrama de uma unidade de tratamento de minério de cassiterita.....	18
Figura 03 – Rejeito da mineração de cassiterita.....	20
Figura 04 – Área de estudo antes da execução da reabilitação, A) rejeito acumulado em montes. B) Rejeito espalhado.	21
Figura 05 – Área de estudo com 3 anos de reabilitação.	22
Figura 06 – Leito de rio e mata ciliar modificados pela mineração.	23
Figura 07 – Cava de mina a céu aberto.	24
Figura 08 – Área de “bota fora” do rejeito, detalhe para o fluxo do rejeito.....	24
Figura 09 – Reservatório criado pelo represamento do igarapé.....	26
Figura 10 – Localização espacial dos pontos de amostragem.	41
Figura 11 – Coleta sendo realizada (A); Recipiente para acoplamento da garrafa (B); Frascos de coleta (C); Adição do reagente à amostra coletada (D).....	43
Figura 12 – Área de estudo no ano de 1969.	46
Figura 13 – Área de estudo no ano de 2010.	46
Figura 14 – Trecho da área de estudo, A) antes da reabilitação, B) processo de recapeamento com solo das barragens.	48
Figura 15 – Reabilitação do leito do igarapé: Ano de 2012 (A); Ano de 2013 (B). ...	48
Figura 16 – Média mensal da altura pluviométrica (mm).	50
Figura 17 – Localização espacial das estações amostrais de água superficial.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Composição do rejeito quanto à granulometria.....	19
Tabela 02 – Propriedades químicas do rejeito seco e úmido.	19
Tabela 03 – Resultados médios das propriedades químicas em cinco tipos de situações degradadas pela mineração de cassiterita na FLONA do Jamari (RO).	25
Tabela 04 – Resultados médios das propriedades físicas em cinco tipos de situações degradadas pela mineração de cassiterita na FLONA do Jamari (RO).	25
Tabela 05 – Dados estatísticos (média mensal) da altura pluviométrica (mm).	50
Tabela 06 – Resultados da análise no ponto amostrado no EIA/RIMA.	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Denominação, localização e descrição dos pontos de monitoramento da área de estudo.	40
Quadro 02 – Relação dos parâmetros utilizados para caracterização dos pontos de amostragem e valor máximo permitido pela legislação vigente.	42
Quadro 03 – Dados pluviométricos utilizados no estudo.	49
Quadro 04 – Estações de monitoramento da qualidade das águas superficiais (ambientes lóticos) no Igarapé Bom Futuro.	55
Quadro 05 – Indicadores de qualidade, método de análise e limite detectável (LD) para caracterização da qualidade da água.	57
Quadro 06 – Cronograma físico de implantação do plano de monitoramento indicando frequência de amostragem e compartimento ambiental.	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Proteção Permanente
CF	Constituição Federal
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Solos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
FLONA	Floresta Nacional
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IN	Instrução Normativa
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
MME	Ministério de Minas e Energia
NBR	Norma Brasileira
NCMF	Número de Colônias por Membrana Filtrante
NMP	Número Mais Provável
PRAD	Plano de Reabilitação de Área Degradada
RIMA	Relatório do Impacto Ambiental
SEDAM	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
UC	Unidade de conservação
UFC	Unidade Formadora de Colônia
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UTM	Universal Transversa de Mercador
USP	Universidade de São Paulo
ZA	Zona de Amortecimento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 ASPECTOS DE DISPONIBILIDADE E QUALIDADE DA ÁGUA.....	14
2.2 MINERAÇÃO DE CASSITERITA	16
2.2.1 Método de Lavra	17
2.2.2 Rejeito da Mineração	19
2.3 HISTÓRICO DA ÁREA DE ESTUDO.....	20
2.4 IMPACTOS AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO DE CASSITERITA.....	22
2.5 ASPECTOS LEGAIS.....	27
2.5.1 Nível Federal	27
2.5.2 Nível Estadual	30
2.5.3 Plano de Manejo da FLONA do Jamari	31
2.6 TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO / REABILITAÇÃO AMBIENTAL NA MINERAÇÃO DE CASSITERITA	33
2.7 MONITORAMENTO AMBIENTAL DOS RECURSOS HÍDRICOS	35
3 METODOLOGIA	37
3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS HISTÓRICOS DA ÁREA DE ESTUDO.....	37
3.2 SELEÇÃO DA ÁREA	37
3.3 LEVANTAMENTO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS	38
3.4 DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUPERFICIAL..	38
3.5 CAMPANHA AMOSTRAL DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	40
3.5.1 Procedimento Amostral	42
3.6 PROPOSTA DE PLANO DE MONITORAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS E DE PLUVIOMETRIA.....	44
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	45
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	45
4.1.1 Análise de Documentos e Evolução Histórica por Imagens	45
4.1.2 Ações de Reabilitação Ambiental na Área de Estudo	47
4.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA	49
4.2.1 Dados Pluviométricos	49
4.2.2 Resultados Analíticos da Campanha Amostral	51

4.3 PROPOSTA DE PLANO DE MONITORAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS E DE PLUVIOMETRIA	54
4.3.1 Apresentação	54
4.3.2 Estações de Amostragem	54
4.3.3 Indicadores Ambientais.....	56
4.3.4 Planejamento da Amostragem.....	57
4.3.5 Monitoramento da Pluviometria	58
4.3.6 Frequência de Amostragem.....	59
5 CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS.....	62
APÊNDICE A	66
ANEXO 01.....	73
ANEXO 02.....	75

1 INTRODUÇÃO

A reabilitação ambiental é a busca de uma condição estável, a ser obtida em conformidade com os valores estéticos e sociais da circunvizinhança, destinando à área de intervenção determinado tipo de uso, em concordância com o plano preestabelecido, além de conferir a referida estabilidade ao meio ambiente (LOTT et al., 2004).

Um bom plano de monitoramento associado ao programa de reabilitação da área degradada tem o objetivo de comprovar que as medidas projetadas foram implantadas conforme foram planejadas e se apresentam a eficiência desejada. É comum durante a implantação das medidas de controle, que o ambiente se apresente com uma condição em qualidade ambiental inferior àquela registrada na etapa de diagnóstico da área degradada. Sobretudo quando se tratam de áreas que se encontram paralisadas há algum tempo, e que em função desta paralisação, a área já atingiu certo grau de estabilidade. O registro dessas transformações e episódios críticos de poluição é uma forma da empresa responsável pela reabilitação ambiental demonstrar que tais situações estão em condições de controle ou se for o caso, intervir no processo minimizando os impactos do projeto.

A empresa onde se desenvolveu o estágio atua em atividades de mineração de cassiterita “estanho” na floresta amazônica, estado de Rondônia, e detém pouco conhecimento sobre a eficácia dos métodos de reabilitação ambiental empregados nas áreas reabilitadas.

Em função disso, optou-se em realizar uma avaliação da qualidade das águas superficiais em pontos estratégicos situados em cursos d'água que circundam as áreas em processos de reabilitação ambiental da mineração de cassiterita inseridas na Unidade de Conservação, no município de Itapuã do Oeste, em Rondônia, além de se analisar os dados pluviométricos de estações meteorológicas situadas próximas à área de estudo e demonstrar a evolução histórica, com base em imagens aéreas ou de satélite.

Os dados obtidos durante o estágio serão analisados e convertidos em informação, que poderá ser utilizada, posteriormente, para subsidiar a elaboração de um plano de monitoramento das águas superficiais em áreas de reabilitação ambiental.

Este trabalho tem por objetivo central a avaliação da qualidade dos recursos hídricos superficiais em áreas de mineração de cassiterita em processo de reabilitação ambiental visando verificar a eficácia das medidas executadas em campo.

Os objetivos específicos são:

- Levantar dados e descrever o histórico da área de estudo;
- Realizar campanha de amostragem de qualidade das águas superficiais;
- Levantar o registro de dados pluviométricos próximos à área de estudo;
- Propor um plano de monitoramento dos recursos hídricos superficiais e de pluviometria.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ASPECTOS DE DISPONIBILIDADE E QUALIDADE DA ÁGUA

A água é uma das substâncias mais comuns na natureza, podendo ser encontrada sob o estado sólido, líquido e gasoso. Sua maior disponibilidade é na forma líquida, através do ciclo hidrológico, considerado este um recurso natural renovável (BRAGA et al., 2005). A água deve estar disponível em uma quantidade adequada e proporcionar uma qualidade satisfatória para atender as necessidades do homem e do meio ambiente, estando essas características intimamente interligadas.

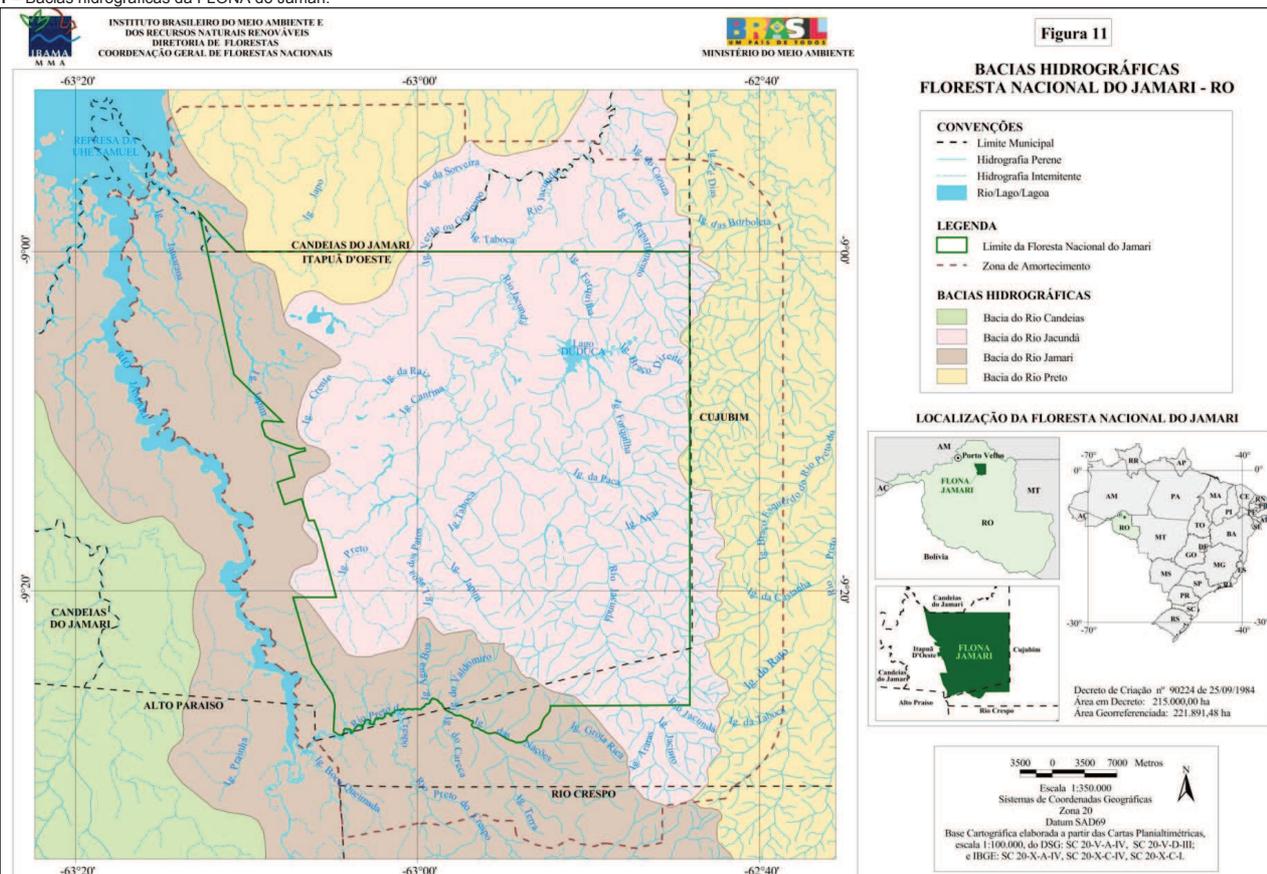
Da totalidade de água no mundo, mais de 97% encontra-se no mar, o que a torna indisponível para consumo humano e uso agrícola. O restante (3%) é água doce, sendo que menos de 0,01%, encontra-se em lagoas e rios, sendo estes os principais ecossistemas de abastecimento de água para consumo humano (BAIRD, 2002).

A área da Floresta Nacional (FLONA) do Jamari está inserida em duas bacias hidrográficas (Figura 01), a do rio Jamari e do rio Preto, originalmente ambientes lóticos. A maior parte da Unidade de Conservação (UC), aproximadamente 79% da área, está na sub-bacia do rio Jacundá, que é afluente do rio Preto (CAVALCANTE; AZEVEDO, 2005).

Segundo Cavalcante e Azevedo (2005) a influência antrópica na FLONA causa modificações nos regimes das águas. Um exemplo é a exploração mineral que deixou ambientes lênticos, pelo represamento de igarapés e rios, para serem utilizados como reservatórios de água e bacias de decantação. Outra situação é a barragem da Usina Hidroelétrica de Samuel que, mesmo fora dos limites da FLONA, afeta diretamente os ambientes próximos às drenagens, devido às inundações no período das cheias.

As diversas fases do ciclo hidrológico propiciam condições para contaminação das águas. Deve-se ter um cuidado maior quanto às águas que são captadas para abastecimento humano, pois estas devem possuir características físicas, químicas e biológicas adequadas, não interferindo assim, na qualidade de vida da população.

Figura 01 – Bacias hidrográficas da FLONA do Jamari.



Fonte: CAVALCANTE, AZEVEDO, 2005.

2.2 MINERAÇÃO DE CASSITERITA

A cassiterita é o principal mineral de estanho explorado no mundo e o único produzido comercialmente no Brasil. A fórmula química do seu cristal puro é o SnO_2 , sendo que, em peso, o estanho corresponde a 78,6% e o oxigênio a 21,4%. Apresenta cristalografia tetragonal, clivagem prismática imperfeita e dureza entre 6 e 7. É comumente encontrada associada ao quartzo, muscovita ou topázio em forma de aluvião. Sua coloração varia conforme a composição química; as faixas de castanho claro a laranja apresentam conteúdos maiores em SnO_2 e menores em $\text{FeO}_{(\text{total})}$, TiO_2 , Ta_2O_5 , Nb_2O_5 e WO_3 . As faixas que variam de vermelho a marrom escuro apresentam menos estanho (MACHADO, [200-?]; MME, 2009; SOUZA; BOTELHO, 2009).

As maiores reservas de cassiterita conhecidas estão concentradas em dois estados: Amazonas (58%) e Rondônia (34%). O restante (8%) se divide entre os estados de Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, Pará e Tocantins, sendo que quase a totalidade da produção do concentrado de cassiterita está adensada em apenas três minas: Mina do Pitinga, no Amazonas, e as Minas de Bom Futuro e Santa Bárbara, em Rondônia (MME, 2009).

No início das operações de minas de minério de estanho na região norte do Brasil, predominou-se a produção de cassiterita de origem aluvionar. A produção de estanho contido em minérios primários aumentou gradativamente com o passar dos anos (DELBONI JR., 2007).

A cassiterita é um mineral pesado, cuja densidade permite separá-lo mediante método de concentração gravimétrica, que se apresenta com granulometria variando entre 50 e 100 mesh, ocorrendo com maior frequência na faixa de 40 a 60 mesh (STCP, 2007). A mineração de cassiterita encontra-se em duas formas: primária e secundária.

A maioria das minas de cassiterita tem origem secundária, ou seja, o minério se encontra concentrado em sedimentos aluvionares ou coluvionares (MARCHESIN et al., 2012). Strahler (1992) considera aluvião qualquer depósito de sedimento deixado por um curso de água em um canal fluvial ou em partes inferiores de um vale sujeito a inundações. No caso da lavra primária o mineral encontra-se em forma de rocha sem ter sofrido processo de intemperismo.

De acordo com o Rodrigues (2001) na mina Pitinga, localizada ao norte do estado do Amazonas e de propriedade da mineração Taboca S.A., predomina-se a extração do minério primário. De acordo com o projeto Rocha Sã, o somatório das reservas lavráveis é da ordem de 210 Mt de minério, admitindo-se uma lavra de 21,5 milhões de toneladas ROM por ano, cujo teor de corte (cut off grade) deverá ser da ordem de 0,06% e a relação estéril/minério 0,3:1.

2.2.1 Método de Lavra

O método de lavra adotado na mineração de cassiterita é a céu aberto através de desmonte hidráulico combinado com desmonte mecânico. Este conjunto é amplamente utilizado na província estanífera de Rondônia pelas características do local e equipamentos disponíveis.

De acordo com STCP (2007), o processo de mineração pode ser dividido em três fases distintas: i) preparo da área de lavra; ii) lavra e transporte do material; iii) tratamento do minério.

A etapa de “preparo da área de lavra” pode ser subdividida em:

- Limpeza da área de mina: Consiste na remoção da vegetação e camada superior do solo por maquinários, a fim de retirar o material depositado no terreno. Esta camada é depositada ao lado dos painéis de lavra e, futuramente, utilizada na reabilitação do solo;
- Construção de barragens: É necessária a construção de pelo menos três barragens. Uma a montante da lavra para represar a água que será utilizada na lavra e beneficiamento, e outras duas que demarcam a lavra, sendo uma para a realização do desmonte hidráulico do aluvião e outra como bacia de decantação do rejeito;
- Implantação do sistema de captação de água: A primeira barragem funciona como reservatório de água. Nesse local são instalados conjuntos moto-bomba que enviam água nas áreas de lavra e beneficiamento do minério;
- Construção das lagoas de decantação: estas lagoas geralmente são as antigas barragens do desmonte hidráulico, onde o rejeito é depositado para sua sedimentação. A água superficial é bombeada

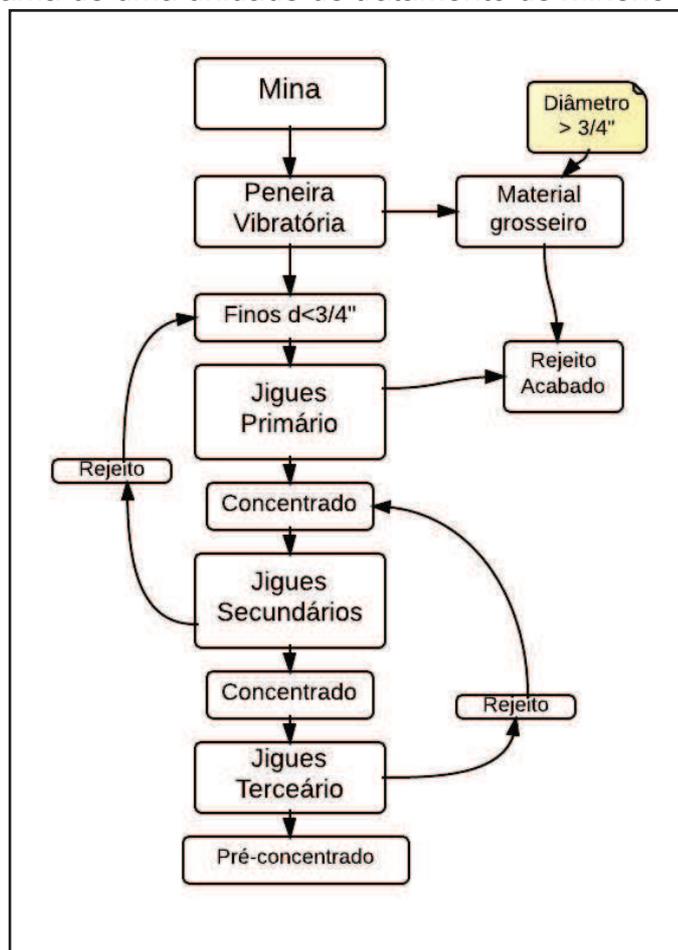
para o reservatório de água limpa, ou para igarapés, quando o reservatório está cheio.

As etapas de “lavra e transporte do material” são, basicamente, constituídas pelo desmonte hidráulico. A água pressurizada que vem do reservatório é guiada por dois monitores (sistema bico jato) para desmontar o aluvião, onde se encontra o minério. Este procedimento gera uma polpa que é transportada por tubulação de recalque para a etapa de “tratamento”.

A polpa formada (sólido com água) é transportada para a planta de beneficiamento móvel que opera através de concentração gravimétrica, separando os minerais por diferença de densidade.

O tratamento do minério é composto por uma peneira que separa o material mais grosseiro dos finos, onde se encontra o minério, e uma sequência de jiges que concentra o material. A Figura 02 apresenta um esquema simplificado da planta de tratamento.

Figura 02 – Diagrama de uma unidade de tratamento de minério de cassiterita.



Fonte: adaptado de STCP (2007).

2.2.2 Rejeito da Mineração

A ABNT apresenta a definição entre Rejeito e Estéril da mineração de cassiterita da seguinte forma:

Rejeito de beneficiamento de minério: Fração gerada no processo de tratamento de minérios, que contém maior proporção de ganga ou minerais de valor secundário em relação aos demais produtos obtidos numa dada operação (ABNT, 1993).

Estéril: Solo ou rocha não mineralizados ou com mineralização não-econômica (ABNT, 1992).

A composição granulométrica do rejeito é apresentada por Longo; Ribeiro; Melo (2005, 2011), e indica grande quantidade de areia e baixa presença de matéria orgânica.

Segundo Longo; Ribeiro; Melo (2011), o rejeito seco da cassiterita apresenta “ausência de estruturação, baixa ou baixíssima fertilidade natural e algumas vezes dificuldades de mecanização”, e ainda alta permeabilidade devido à característica arenosa.

A Tabela 01 apresenta as frações de areia, silte e argila em amostras de rejeito seco e úmido da FLONA do Jamari. A Tabela 02 mostra as características químicas do rejeito seco e úmido.

Tabela 01 – Composição do rejeito quanto à granulometria.

Local	Características (g/kg)		
	Areia	Silte	Argila
Rejeito Seco	720,6	110,6	150,8
Rejeito Úmido	660,8	140,8	180,4

Fonte: adaptado de LONGO; RIBEIRO; MELO (2005), p. 104.

Tabela 02 – Propriedades químicas do rejeito seco e úmido.

Local	pH	MO ⁽¹⁾	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB ⁽²⁾	T ⁽³⁾	V ⁽⁴⁾
		g kg ⁻¹	mg dm ⁻¹	-----cmol _c dm ⁻³ -----			-----mmol _c dm ⁻³ -----		%	
Rejeito Seco	4,6	30	1,8	0,38	4,4	1	14,6	5,8	20,4	21,6
Rejeito Úmido	4,4	50	1,6	0,38	2,8	1	16,8	4,3	21,1	20,4

MO⁽¹⁾: matéria orgânica; SB⁽²⁾: soma de bases; T⁽³⁾: capacidade de troca catiônica; V⁽⁴⁾: saturação por bases.

Fonte: adaptado de LONGO; RIBEIRO; MELO (2005), p. 103.

Visualmente o rejeito parece areia branca, como pode ser visto na Figura 03.

Figura 03 – Rejeito da mineração de cassiterita.



Fonte: Autor, 2013.

2.3 HISTÓRICO DA ÁREA DE ESTUDO

Nos anos 50, a economia do estado de Rondônia era baseada em extrativismo, principalmente o de borracha. Quando o preço do látex começou a cair, no final da década, outras atividades começaram a aparecer na região, dentre as quais a mineração de cassiterita (BRITO et al, 2003). Os primeiros registros de atividades dentro da área que hoje é a FLONA são da mesma década. Estas incursões ocorreram por seringueiros, garimpeiros de cassiterita e coletores de castanha-do-brasil (CAVALCANTE; AZEVEDO, 2005).

Alguns fatores foram determinantes para o início das atividades, entre estes se destaca a gestão de Juscelino Kubitschek, que definia a política mineral brasileira, a construção da BR 364 cortando o estado e escoando a produção, e a presença de mão de obra, devido à baixa no preço da borracha (FERREIRA, 2003 apud BRITO et al, 2003).

A mineração de cassiterita começou em seringais desativados, predominando o processo de extração manual até 1971, quando o DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) proibiu este tipo de extração. A partir dessa fase iniciou-se a extração do minério de cassiterita de forma mecanizada de grande porte (JACUNDÁ, 1989 apud BRITO et al, 2003).

A área, onde é hoje a FLONA, pertencia ao INCRA, que em 1981 elaborou um estudo para o levantamento dos aspectos físicos da área. O referido estudo não recomendou a incorporação da área ao sistema produtivo do setor agrícola para o assentamento de colonos, concluindo que a melhor destinação para a área seria a criação de uma Floresta Nacional (CAVALCANTE; AZEVEDO, 2005).

De acordo com Brito et al (2003) as primeiras concessões de lavra datam de 1965, período anterior à criação da UC (meados dos anos 80). Na área de estudo deste trabalho não há registro de quando se iniciou a atividade mineradora, supõe-se que tenha ocorrido desde a década de 50, quando esta região começou a ser invadida pelos garimpeiros. A concessão de lavra do local foi obtida em 1965 e passou por diversas empresas até ser adquirida pela atual mineradora, que assumiu, também, a responsabilidade pela reabilitação das áreas de passivo ambiental.

Segundo depoimento do Engenheiro Éder Carlos de Sousa, funcionário da empresa, a reabilitação está ocorrendo desde 2010 com revegetação das áreas de passivo ambiental, que totalizam cerca de 32 ha na área de estudo. A

Figura 04 mostra um trecho da área de estudo antes da execução do PRAD e a Figura 05 mostra o mesmo trecho 3 anos depois.

Figura 04 – Área de estudo antes da execução da reabilitação, A) rejeito acumulado em montes. B) Rejeito espalhado.



Fonte: Fotografias cedidas de Santos, 2011.

Figura 05 – Área de estudo com 3 anos de reabilitação.



Fonte: Santos, 2011.

2.4 IMPACTOS AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO DE CASSITERITA

A cassiterita vem sendo explorada desde o início da década de 50 na FLONA do Jamari. Essas atividades têm criado áreas degradadas cuja reabilitação vem aos poucos sendo executada. As áreas perturbadas possuem superfícies que variam entre 5 e 60 ha (BRITO et al, 2003; LONGO; RIBEIRO; MELO, 2005).

Farias (2002) define os principais problemas ambientais da mineração de cassiterita como “Destruição de florestas e leitos de rios”. Tal fato é facilmente observado em uma área abandonada (Figura 06).

Figura 06 – Leito de rio e mata ciliar modificados pela mineração.



Fonte: Autor, 2013.

O processo de extração de cassiterita, a céu aberto, faz extenso uso de equipamentos mecânicos, que causam uma intensa degradação do solo. Os impactos no solo e no subsolo são causados, principalmente, pelas escavações, pelos depósitos de material estéril e rejeito, pelos acessos e pela imposição de superfícies diferentes do relevo original, tal como a eliminação de picos e serras (LONGO; RIBEIRO; MELO, 2005; YADA, 2011).

As Figuras 07 e 08 apresentam, respectivamente, uma cava da mineração a céu aberto e um “bota fora” de rejeito.

Longo, Ribeiro e Melo (2005) estudaram os impactos ambientais da mineração de cassiterita sobre o solo. O objetivo de seu trabalho era avaliar as características físicas e químicas de solos e substratos na FLONA do Jamari. Os pontos de amostragem foram distribuídos em área de floresta, capoeira, piso de lavra, área de depósito de rejeito seco e área de depósito de rejeito úmido.

Figura 07 – Cava de mina a céu aberto.



Fonte: Autor, 2013.

Figura 08 – Área de “bota fora” do rejeito, detalhe para o fluxo do rejeito.



Fonte: Autor, 2013.

Os resultados das análises químicas e físicas do estudo de Longo, Ribeiro e Melo (2005) são apresentados, respectivamente, nas Tabela 03 e Tabela 04. A matéria orgânica, o fósforo disponível, a densidade de partículas e a resistência à penetração foram os mais alterados pelo processo de supressão da vegetação original e extração do minério.

Tabela 03 – Resultados médios das propriedades químicas em cinco tipos de situações degradadas pela mineração de cassiterita na FLONA do Jamari (RO).

Local	pH	MO ⁽¹⁾	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB ⁽²⁾	T ⁽³⁾	V ⁽⁴⁾
		g kg ⁻¹	mg dm ⁻¹	-----cmol _c dm ⁻³ ----			-----mmol _c dm ⁻³ -----			%
Mata	3,8	320	4,9	0,83	5,1,	1,8	80,9	7,7	93,9	8,1
Capoeira	4,1	280,6	3,9	1,06	9,5	3,4	67,7	13,9	76,7	17,7
Piso de lavra	4,4	20,4	1	0,38	4,4	1	20,4	5,8	26,2	28,2
Rejeito Seco	4,6	30	1,8	0,38	4,4	1	14,6	5,8	20,4	21,6
Rejeito Úmido	4,4	50	1,6	0,38	2,8	1	16,8	4,3	21,1	20,4

MO⁽¹⁾: matéria orgânica; SB⁽²⁾: soma de bases; T⁽³⁾: capacidade de troca catiônica; V⁽⁴⁾: saturação por bases.

Fonte: LONGO; RIBEIRO; MELO (2005), p. 103.

Tabela 04 – Resultados médios das propriedades físicas em cinco tipos de situações degradadas pela mineração de cassiterita na FLONA do Jamari (RO).

Local	Características (g/kg)		
	Areia	Silte	Argila
Mata	420,9	230,5	390,8
Capoeira	390,1	190,8	380,7
Piso de lavra	260,8	140,4	580,8
Rejeito Seco	720,6	110,6	150,8
Rejeito Úmido	660,8	140,8	180,4

Fonte: adaptada de LONGO; RIBEIRO; MELO (2005), p. 104.

O aumento na granulometria e a redução dos nutrientes do solo deixam um substrato de difícil regeneração natural. A elevada taxa de infiltração da água no solo reduz a disponibilidade para a vegetação, carregando, ainda, o restante dos nutrientes existentes.

Nos recursos hídricos, os principais impactos são a poluição física dos cursos d'água para produzir "alagamentos" necessários às atividades de exploração, e a geração de lama com sedimentos, que eleva a turbidez (SILVA, 2007; MEIO,

[200-?]). A Figura 09 apresenta um reservatório de água criado pelo represamento do igarapé.

Figura 09 – Reservatório criado pelo represamento do igarapé.



Fonte: Autor, 2013.

O represamento dos cursos de água é necessário para suprir a demanda por água no processo de lavra e beneficiamento. Estas represas devem ser drenadas após o término da exploração naquele local, o que implica em rebaixamento das soleiras dos canais, transferência de rejeitos, entre outros fatores (SILVA, 2007).

STCP (2007) diz que um dos possíveis impactos nos recursos hídricos é o rompimento de barragens, causando carregamento de partículas de solo sedimentadas, aliado a erosão de reservatórios e igarapés. Estas partículas são acumuladas no fundo dos rios e igarapés, com a conseqüente elevação do nível de suas águas e alterações na dinâmica dos cursos da água, especialmente na destruição de margens, aliado ao aumento da turbidez.

Outro impacto é a contaminação das águas e solo por despejo de derivados de petróleo, uma vez que o risco de contaminação por estes é alto na

mineração de cassiterita, tanto durante a implantação, quanto na operação da mina. É utilizado óleo diesel e gasolina para abastecimento das máquinas e veículos, além de lubrificantes e graxas para manutenção destes (STCP, 2007).

Embora os impactos ambientais sejam significativos e apresentem particularidades para cada setor da mineração, a reabilitação e readequação das áreas lavradas podem ser efetivadas (KOPPE, 2007).

2.5 ASPECTOS LEGAIS

Silva-Sánchez (2000) citado por Sánchez (2007) faz uma descrição interessante sobre a relação entre a legislação ambiental brasileira e a conscientização ambiental na mineração:

Em pouco mais de vinte anos, a gestão ambiental na mineração brasileira evoluiu significativamente. O grande propulsor foi a lei, que se tornou progressivamente mais rígida, como consequência da crescente importância que a proteção ambiental foi alcançando na sociedade, que não só fez avançar as exigências como também impediu retrocessos. A aplicação da lei também evoluiu de maneira notável - literalmente notável, pois muitas empresas, grandes e pequenas, notaram essa evolução ao sofrerem procedimentos investigatórios ou serem alvos de ações civis públicas impetradas pelo Ministério Público.

Adiante constam as principais normas relacionadas à mineração de cassiterita. É válido lembrar que a área de estudo está inserida em uma Unidade de Conservação (Floresta Nacional).

2.5.1 Nível Federal

A Constituição Federal (CF) (BRASIL, 1988) estabelece que os recursos minerais, inclusive os do subsolo, são bens da União. E que compete exclusivamente a ela legislar sobre jazidas, minas, metalurgia e outros recursos minerais. Uma das determinações feitas pela CF foi a de que a pesquisa e lavra de recursos minerais somente poderão ser efetuadas mediante autorização ou concessão da União.

A CF (BRASIL, 1988) ainda deixa clara a responsabilidade do explorador de recurso mineral em recuperar o meio ambiente degradado. Este princípio de recuperação pelo poluidor, já existia em 1981 quando a Política Nacional do Meio Ambiente foi criada pela Lei n. 6.938 (BRASIL, 1981).

A Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981) define seus instrumentos no art. 9º como, dentre outros:

- O estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;
- A avaliação de impactos ambientais;
- O licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras;
- A criação de espaços territoriais especialmente protegidos pelo Poder Público federal, estadual e municipal, tais como áreas de proteção ambiental, de relevante interesse ecológico e reservas extrativistas.

Em complemento à política nacional do meio ambiente foram elaboradas e sancionadas outras normas, como o Decreto n. 97.632 (Brasil, 1989) que determina a obrigatoriedade de apresentação do plano de recuperação de área degradada (PRAD) junto com o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), para os empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais. E define, ainda, que “A recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente” (BRASIL, 1989).

A instrução normativa (IN) n. 04 do IBAMA estabelece procedimentos para elaboração de Projeto de Reabilitação de Área Degradada ou Área Alterada. Assim como define, (IBAMA, 2011):

- I- área degradada: área impossibilitada de retornar por uma trajetória natural, a um ecossistema que se assemelhe a um estado conhecido antes, ou para outro estado que poderia ser esperado;
- II- área alterada ou perturbada: área que após o impacto ainda mantém meios de regeneração biótica, ou seja, possui capacidade de regeneração natural.

As principais jazidas de cassiterita, no estado de Rondônia, são em forma de aluvião, sendo que sua extração é realizada em cavas a céu aberto. Este fato implica na supressão de vegetação de APP, definida, pela Lei n. 12651 de 2012 (BRASIL, 2012) como “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo

e assegurar o bem-estar das populações humanas”. E determina que para cursos d’água com menos de 10 metros de largura a APP deve ser de 30 metros.

A supressão da vegetação em áreas de APP é permitida em fatos especiais, como em caso de utilidade pública nas “atividades de pesquisa e extração de substâncias minerais, outorgadas pela autoridade competente, exceto areia, argila, saibro e cascalho” (CONAMA, 2006). Para liberação da supressão de vegetação em APP, o órgão licenciador observará, entre outros (CONAMA, 2006):

- Demonstração da titularidade de direito mineral outorgado pelo órgão competente do Ministério de Minas e Energia (MME), por qualquer dos títulos previstos na legislação vigente;
- Justificação da necessidade da extração de substâncias minerais em APP e a inexistência de alternativas técnicas e locacionais da exploração da jazida.

No caso da área de estudo, deve-se levar em consideração o fato de estar no interior de uma FLONA. A Instrução Normativa n. 09 do ICMBio, em seu art. 3º, diz (ICMBIO, 2010):

A autorização para supressão de vegetação em áreas situadas no interior de Florestas Nacionais só será emitida quando estiver de acordo com os objetivos, o Plano de Manejo e os regulamentos da unidade de conservação, na forma do art. 28, da Lei n. 9.985/2000, respeitado o procedimento estabelecido por esta Instrução Normativa.

Parágrafo Único. Esta Instrução Normativa não se aplica aos pedidos de supressão de vegetação para atividades não-sujeitas ao licenciamento ambiental previsto na Resolução CONAMA n. 237/97, aplicando-se, nestes casos, a Instrução Normativa ICMBio n. 04, de 02 de setembro de 2009, que rege o procedimento de Autorização Direta.

Como a área estudada se encontra em uma UC de uso sustentável, é interessante deixar claro a definição da Lei n. 9.985 (BRASIL, 2000):

I - unidade de conservação: espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção;

XI - uso sustentável: exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável.

Em Brasil (2000) também fica claro a diferença entre recuperação e restauração. Na primeira a restituição do ecossistema ou população silvestre que foi degradada pode ser diferente de sua condição original, já na segunda esta restituição deve ser o mais próximo possível da condição original.

A NBR-13030 (ABNT, 1999) dá diretrizes para a elaboração e apresentação de Projeto de Reabilitação de Áreas Degradadas pela Mineração.

A Lei do SNUC (BRASIL, 2000) ainda define Floresta Nacional como “área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas”.

Para avaliação da qualidade dos recursos hídricos pode-se analisar a Resolução CONAMA 357/2005, que “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento” (CONAMA, 2005), e a Portaria n. 2.914/ 2011 do Ministério da Saúde, que estabelece os “procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade” (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

2.5.2 Nível Estadual

No âmbito estadual, a Lei n. 547/1993 (RONDÔNIA, 1993) “dispõe sobre a criação do Sistema Estadual de Desenvolvimento Ambiental de Rondônia - SEDAR e seus instrumentos”. Estabelece, ainda, medidas de proteção e melhoria da qualidade do meio ambiente, define a Polícia Estadual de Desenvolvimento Ambiental, cria o Fundo Especial de Desenvolvimento Ambiental - FEDARO e o Fundo Especial de Reposição Florestal - FEREF.

Existe também a Lei complementar n. 255/2002 (RONDÔNIA, 2002) que institui a política, criando o Sistema de Gerenciamento e o Fundo de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia, e o Decreto 10114/02 (RONDÔNIA, 2002) que regulamenta a referida Lei Complementar n. 255/2002.

2.5.3 Plano de Manejo da FLONA do Jamari

Como visto anteriormente, pode-se explorar os recursos ambientais existentes na FLONA, e para guiar estas atividades foi criado o plano de manejo da UC, que define as atividades que podem ser desenvolvida na área. O Plano de Manejo da FLONA do Jamari classifica a mineração como “atividade restringível”, ou seja, mesmo sem estar de acordo com os objetivos de manejo da UC, não apresenta conflito de uso, porém, sendo realizada de forma restrita. Vale ressaltar que a garimpagem é considerada conflito de uso, sendo proibida (CAVALCANTE; AZEVEDO, 2005).

O plano de manejo da FLONA dispõe de diferentes programas para conduzir as atividades dentro da UC e sua Zona de Amortecimento (ZA). Dentre outros, existem (CAVALCANTE; AZEVEDO, 2005):

- a) Programa de Monitoramento Ambiental
 - Objetivo: “Registrar e avaliar os resultados de quaisquer fenômenos e alterações naturais e induzidas na FLONA e na Zona de Amortecimento (ZA) permitindo melhorar o manejo da área”.
 - Alguns dos resultados pretendidos são:
 - Informações técnicas e científicas sobre os recursos naturais e culturais existentes na FLONA, bem como os impactos ambientais, econômicos e sociais que estejam ocorrendo na área, divulgados para a sociedade de uma forma em geral;
 - Relatórios de pesquisa, teses de mestrado e doutorado serão gerados e disponibilizados.
 - Uma das atividades previstas é:
 - “estabelecer um programa de monitoramento da qualidade da água dos rios e igarapés da UC e ZA, principalmente nas proximidades das áreas de mineração,...”.
- b) Programa de reabilitação de áreas degradadas
 - Objetivo: “Reabilitar as áreas degradadas pelas atividades de mineração e/ou garimpo utilizando-se técnicas de reabilitação e manejo dos recursos, buscando semelhanças com seu status primário”.

- O resultado pretendido é:
 - Implementação de técnicas de reabilitação de áreas degradadas, com monitoramento e, se necessário, intervenções no processo de regeneração até a entrega da área ao IBAMA, totalmente recuperada.
 - Uma das atividades prevista é:
 - Monitoramento, acompanhamento e promoção de ajustes necessários no PRAD das empresas mineradoras.
- c) Programa de mineração
- Objetivo: “Compatibilizar as atividades minerárias com os objetivos da FLONA, abrangendo os procedimentos para a exploração dos recursos minerais”.
 - O resultado pretendido é:
 - Atividades minerárias implantadas com melhor aproveitamento econômico e o uso adequado dos recursos minerais. As atividades minerárias existentes estarão adequadas às normas, técnicas e legislação ambiental.
 - As atividades previstas são:
 - Promover o aproveitamento econômico e o uso adequado dos recursos minerais existentes na Floresta Nacional do Jamari, de forma compatível com os seus objetivos e com o seu Plano de Manejo, de modo a proteger o seu patrimônio natural;
 - Realizar operações para extração mineral respeitando normas legais e normas estabelecidas neste Programa;
 - Executar de forma rotineira as medidas de controle ambiental para proteção de recursos hídricos e atmosféricos, monitorando-se a qualidade da água nos rios, lagos e igarapés, bem como a emissão de partículas sólidas, ao longo de todo o período operacional, de forma que atendam as normas técnicas e a legislação vigente;
 - Desenvolver os trabalhos de reabilitação e monitoramento ambiental das áreas impactadas pelas atividades operacionais da mineradora, nas áreas desmatadas para lavra, instalações dos sistemas de britagem, estradas, utilidades e disposição de

rejeito, seguindo o estabelecido no PRAD apresentado no processo de licenciamento.

2.6 TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO / REABILITAÇÃO AMBIENTAL NA MINERAÇÃO DE CASSITERITA

A recuperação de áreas degradadas pode ser conceituada como um “conjunto de ações idealizadas e executadas por especialistas das mais diferentes áreas de conhecimento humano que visam proporcionar o restabelecimento de condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes anteriormente a um sistema natural” (DIAS & GRIFFITH, 1998 citado por DIAS e MELLO, 1998).

A literatura técnica e os textos da legislação ambiental brasileira em vários níveis deixam dúvidas e contradições sobre as definições exatas dos termos recuperação, reabilitação e restauração, que em muitos casos são apontados como diferentes, e em outros, como sinônimos (EMBRAPA, 2008).

Para o IBAMA (1990), a recuperação significa que o sítio degradado será retornado a uma forma e utilização de acordo com o plano pré-estabelecido para o uso do solo. Implica que uma condição estável será obtida em conformidade com os valores ambientais, estáticos e sociais da circunvizinhança. O conceito de recuperação está associado à ideia de que o local alterado deverá ter qualidades próximas às anteriores, devolvendo o equilíbrio dos processos ambientais.

Segundo Majer (1989) citado por Dias e Mello (1998), a reabilitação é o retorno da área degradada a um estado biológico apropriado. Esse retorno pode não significar o uso produtivo da área em longo prazo, como a implantação de uma atividade que renderá lucro, ou atividades menos tangíveis em termos monetários, visando, por exemplo, a recreação ou a valorização estético-ecológica.

O termo restauração refere-se à obrigatoriedade do retorno ao estado original da área, antes da degradação. Por retorno ao estado original entende-se que todos os aspectos relacionados com topografia, vegetação, fauna, solo, hidrologia, etc., apresentem as mesmas características de antes da degradação.

EMBRAPA (2008) orienta a se planejar a recuperação dos solos, e sobre o assunto é citado:

As soluções serão pensadas a partir do diagnóstico da área degradada e a partir do tipo de degradação. Direcionando ações mecânicas, vegetativas e em alguns casos até obras de engenharia. Nesse sentido, às propriedades físicas interferem em dimensionamento de terraços, paliçadas, estabelecimento de sementes, entre outros.

Rodrigues (2009) avaliou a revegetação de áreas mineradas na FLONA do Jamari, e, baseada em pesquisas da UNICAMP, USP, e UNESP, descreveu que a estratégia utilizada nestas áreas priorizou a reabilitação do solo/substrato seguida pela revegetação, envolvendo práticas de adubação verde, orgânica e química e a seleção de espécies vegetais adaptadas a estes tipos de terrenos.

O preparo do solo é uma prática agrícola que tem como objetivo oferecer condições ideais para a sementeira, germinação, emergência das plântulas, desenvolvimento e produtividade das culturas (EMBRAPA, 2008).

Este preparo do solo pode ser subdividido em três categorias (EMBRAPA, 2008):

- Preparo primário: refere-se às operações mais profundas e grosseiras que visam, principalmente, a eliminar e enterrar as ervas daninhas estabelecidas e tornar o solo mais friável. Exemplo: aração, escarificação etc.;
- Preparo secundário: são todas as operações subsequentes ao preparo primário, como o nivelamento do terreno, incorporação de fertilizantes, eliminação de ervas daninhas no início de seu desenvolvimento, produzindo um ambiente favorável ao desenvolvimento inicial da cultura implantada. Exemplo: gradagem, operação com enxada rotativa, etc.;
- Tratos culturais: utilização de práticas após a cultura ser implantada, visando, basicamente, eliminar as ervas daninhas, fazer amontoa, etc.

Para acelerar o processo de revegetação é indicado o plantio de leguminosas de rápido crescimento (mucuna, puerária, feijão-de-porco). Estas espécies têm a capacidade de fixar nitrogênio por meio de uma associação simbiótica (EMBRAPA, 2003).

Outro aspecto a ser observado é a ocorrência de vegetação natural, onde podem existir bancos de plântulas e de sementes, servindo como fonte de propágulos para a área a ser recuperada (BARBOSA, 2006).

Após o correto manejo do solo pode-se iniciar o processo de revegetação. As mudas selecionadas devem ser de espécies originais do próprio local (mata nativa), pois, além de reconstruir com mais fidelidade o ambiente original, as plantas nativas têm muito mais chances de se adaptarem ao ambiente (PIOLLI, 2004)

2.7 MONITORAMENTO AMBIENTAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

A IN n. 04 do IBAMA estabelece os requisitos mínimos que devem ser monitorados após a execução de um PRAD, entre outros há o monitoramento das nascentes, cursos e corpos d'água em quantidade e qualidade (IBAMA, 2011).

Segundo EMBRAPA (2008) o monitoramento da qualidade da água pode ser definido como “esforços para obter informações qualitativas a respeito das características físicas, químicas e biológicas da água, via amostragens dos corpos d'água”. A medição destas características resulta em informações importantes para diagnosticar e resolver problemas nos recursos hídricos. Dados sobre a qualidade da água ajudam a (ANA, 2011):

- Determinar impactos de indústrias, atividades agrícolas e outras atividades humanas;
- Quantificar a efetividade de políticas e de ações de gestão;
- Desenvolver modelos para a gestão da água;
- Identificar áreas prioritárias para ações de gestão;
- Comunicar aos principais interessados questões a respeito da poluição, da saúde humana e da degradação de ecossistemas.

Muitos fatores referentes à qualidade da água podem não ser identificados pela ausência ou inconsistência dos dados analisados, impossibilitando assim a gestão adequada dos recursos hídricos e a proteção da saúde humana e do ecossistema (ANA, 2011).

Sobre os objetivos e parâmetros do monitoramento da qualidade de águas, EMBRAPA (2008) diz:

O monitoramento da qualidade pode ser realizado para diversos fins como: irrigação, potabilidade, abastecimento industrial, piscicultura, controle de poluição, salinização e outros. No entanto, para cada objetivo deve-se estabelecer os parâmetros a serem monitorados e qual a metodologia de monitoramento a ser adotada. Os parâmetros de qualidade da água são indicadores da situação da mesma, podendo ser físicos, químicos e biológicos.

A ABNT (1992) fixa as diretrizes para a caracterização do potencial poluidor e modificador, das atividades da mineração, nas suas diferentes etapas. A caracterização é feita a partir da análise dos parâmetros de qualidade da água, para orientar no controle e na possível instalação da exploração mineral. Esta norma traz tabelas e sugestões para os parâmetros que devem ser avaliados no monitoramento dos recursos hídricos.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho teve como base a obtenção de dados primários na área de estudo, e secundários junto à empresa de mineração, além de consulta a outras literaturas, como artigos on-line, livros e bancos de dados públicos.

As etapas desenvolvidas no trabalho foram:

- Levantamento de dados históricos da área de estudo;
- Seleção da área;
- Levantamento de dados pluviométricos;
- Definição dos pontos de amostragem de água superficial;
- Campanha amostral das águas superficiais;
- Proposta de plano de monitoramento de águas superficiais.

3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS HISTÓRICOS DA ÁREA DE ESTUDO

Junto à empresa de mineração foi realizado o levantamento de dados (EIA/RIMA, PRAD, Processos DNPM, Licenças ambientais entre outros) existentes em arquivos de controle interno sobre as áreas de mineração dentro dos limites (total ou parcialmente) da FLONA. Também foram pesquisadas informações no Plano de Manejo da UC e outros bancos de dados públicos (DNPM, CPRM, ICMBio) e no Software Google Earth.

Esta atividade teve por objetivo auxiliar o levantamento de informações e documentos relevantes referentes às áreas de mineração da empresa, para possibilitar a escolha da área de estudo.

3.2 SELEÇÃO DA ÁREA

A escolha da área de estudo foi feita a partir da análise de documentos existentes, em concordância com o supervisor de estágio e apoiada pela direção da empresa, e teve por objetivo avaliar as ações de reabilitação ambiental propostas em projeto e executadas em campo.

3.3 LEVANTAMENTO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Inicialmente procurou-se verificar a existência de dados pluviométricos junto à empresa de mineração, como também em órgãos públicos que realizam este controle periódico, a exemplo da EMBRAPA, CPRM e ICMBio, além de outras fontes.

A empresa não realiza monitoramento pluviométrico em nenhuma de suas áreas de mineração, e o ICMBio também não possui pluviômetros na FLONA do Jamari. A EMBRAPA foi contatada por telefone, mas nenhum dado foi disponibilizado.

O CPRM possui estações meteorológicas em diversos locais do Estado de Rondônia, e próximas à área de estudo se encontram três. Foram utilizados neste trabalho os dados pluviométricos (total mensal) de três estações da CPRM, complementados com dados de chuva registrados em dois pluviômetros instalados em propriedades particulares mantidas pela Família Schmitz.

Cabe destacar que a pluviometria total mensal servirá para apoiar a interpretação de dados de qualidade das águas dos pontos de monitoramento.

3.4 DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUPERFICIAL

Inicialmente foi realizada uma avaliação junto ao EIA/RIMA e ao Projeto de Reabilitação Ambiental da área de estudo para verificar a existência de dados secundários de qualidade de água dos recursos hídricos e do plano de monitoramento da qualidade dos recursos hídricos.

O EIA/RIMA apresenta apenas um ponto de amostragem da qualidade dos recursos hídricos superficiais, e no plano de monitoramento não se define nenhum ponto de controle da qualidade dos recursos hídricos, além da empresa não ter executado o plano.

Dessa forma, inicialmente para planejamento foram propostos quatro pontos de amostragem da qualidade dos recursos hídricos superficiais, definidos a partir da imagem do software Google Earth, apoiada no conhecimento do supervisor de estágio.

Para facilitar a compreensão da dinâmica ambiental na qual estão inseridos os pontos de amostragem, foi realizada uma vistoria em campo, visando

descrever as condições do entorno existentes. Estas informações contribuíram para enriquecimento da discussão dos resultados.

A vistoria foi realizada com caminhar pela área para identificação dos pontos escolhidos anteriormente em imagem. Alguns pontos não puderam ser localizados em campo pela dificuldade de acesso. A área é cercada pela floresta amazônica e seu interior é um misto de rejeito e estéril com vegetação natural, além de algumas lagoas formadas no interior da área pela atividade de lavra. A vegetação é fechada, e o rejeito e o estéril apresentam relevo irregular.

Nos locais com vegetação densa, foi utilizado um facão para abrir a picada de acesso.

Tentou-se localizar o ponto utilizado na campanha amostral realizada no EIA/RIMA, porém não foi possível chegar ao mesmo, uma vez que fica distante cerca de um (01) km da estrada de acesso, sendo necessário atravessar áreas de alagados, pilhas de rejeito e floresta densa.

A escolha final dos pontos foi ajustada da imagem do Google Earth e realizada pela facilidade de acesso aos equipamentos de coleta, já que a área de estudo se encontra a 40 km da entrada da FLONA, e esta, distante cerca de 60 km da cidade mais próxima. Na ocorrência de qualquer acidente, seria necessário pelo menos 01h30min para chegar a um hospital.

Na escolha dos pontos também foi levada em consideração a preservação das amostras: o laboratório orientou refrigerar os frascos assim que coletados, e como a caixa de isopor é pesada para ser transportada na mão, foi necessário escolher pontos em que o veículo pudesse ficar próximo do local de coleta.

Os pontos de amostragem dependem da finalidade do monitoramento. Como na área nunca ocorreu uma campanha para caracterização dos recursos hídricos superficiais, não é possível comparar a situação atual com a anterior à execução do PRAD. Por isso foi determinado um ponto a montante das áreas degradadas, para ser utilizado como “branco”, pois é um local sem influência antrópica. Este se encontra na saída de água da primeira barragem, que servia como reservatório. Não há relatos de mineração à montante deste ponto.

Existem várias lagoas distribuídas dentro da área, sendo que as mesmas foram criadas a partir do abandono de cavas de mina ou barramento do igarapé para serem utilizadas como reservatório de água. Durante a vistoria constatou-se a

existência de algumas espécies de peixe (ictiofauna) em algumas lagoas, demonstrando uma condição razoável da água. Para verificar sua qualidade, foi definida como local de amostragem.

O igarapé também corre livre em alguns pontos, principalmente ao final da área, onde há trechos que fluem dentro da vegetação e outros no meio do rejeito, além de locais mistos, onde uma margem é ocupada por vegetação e a outra por rejeito. Um dos pontos de amostragem corresponde em um ambiente lótico no interior da área. Por fim, foi escolhido um ponto ao final da área. Como não foi possível seguir o córrego até que estivesse em uma condição natural, além do passivo ambiental, foi determinado um local próximo ao final da área.

A definição final dos pontos de amostragem procurou avaliar a qualidade das águas superficiais em quatro pontos: um a montante da área (entrada de água), dois no interior, sendo um em ambiente lêntico (lagoa) e outro em ambiente lótico (curso d'água), e por último na saída (jusante) da área.

3.5 CAMPANHA AMOSTRAL DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

A partir da vistoria de campo, foi realizado o planejamento e execução da amostragem nos quatro pontos.

As coordenadas geográficas desses pontos, assim como sua nomenclatura e descrição, encontram-se no Quadro 01. O sistema utilizado foi o Universal Transversa de Mercator (UTM) para as coordenadas geográficas. A Figura 10 apresenta o mapa com a localização dos pontos.

Quadro 01 – Denominação, localização e descrição dos pontos de monitoramento da área de estudo.

Pontos	Coordenadas UTM		Descrição do Ponto
	E	N	
BF - 01	514.124,00	8.962.161,00	Ponto a jusante da área em reabilitação
BF - 02	513.593,00	8.962.134,00	Ambiente lêntico dentro da área em reabilitação
BF - 03	512.509,00	8.961.938,00	Ambiente lótico dentro da área em reabilitação
BF - 04	511.058,00	8.962.277,00	Ponto a montante da área em reabilitação

Fonte: Autor, 2013.

Figura 10 – Localização espacial dos pontos de amostragem.



Fonte: Google Earth, 2013.

Neste trabalho realizou-se uma única campanha amostral para caracterização da qualidade dos recursos hídricos superficiais.

Os indicadores ambientais da qualidade da água estão descritos no Quadro 02, assim como o valor máximo permitido de acordo com a Resolução CONAMA n. 357/05, Resolução CONAMA n. 430/11 e a Portaria do Ministério da Saúde n. 2914/2011. Os parâmetros foram definidos seguindo orientações da NBR 12649:1992 – Caracterização de Cargas Poluidoras na Mineração (Substância Mineral: Cassiterita Secundária – Tipo de Lavra: Céu aberto).

Lembrando que a Resolução CONAMA n. 357/05 “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento”, e a Portaria n. 2.914/ 2011 estabelece os “procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade” (CONAMA, 2005; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011). Como o igarapé não é utilizado para consumo humano e não passa por nenhum sistema de tratamento utilizou-se, preferencialmente, os valores máximos permitidos na Resolução CONAMA 357/05 para os rios Classe 2 e, em caso de ausência do parâmetro nesta norma, utilizou-se a Portaria 2914/11.

A Resolução CONAMA n. 430/11, que dispõe sobre os padrões de lançamentos de efluentes, foi utilizada para comparação com o indicador Estanho.

Mesmo que o corpo hídrico não seja um efluente é interessante a análise deste indicador, já que está na constituição da Cassiterita e as outras normas não apresentam valor máximo permitido.

Quadro 02 – Relação dos parâmetros utilizados para caracterização dos pontos de amostragem e valor máximo permitido pela legislação vigente.

Parâmetros	Valor Máximo Permitido
pH	6,0 a 9,0 ⁽¹⁾
Acidez	-
Alcalinidade Total	-
Cloreto Total	250 mg/L ⁽¹⁾
Cobalto Total	0,05 mg/L Co ⁽¹⁾
Coliformes Termotolerantes	<1000 /100MI ⁽¹⁾
Condutividade Elétrica	-
Cor verdadeira	até 75 mg Pt/L ⁽¹⁾
Cromo total	0,05 mg/L Cr ⁽¹⁾
Dureza Total	500 mg/L ⁽²⁾
Estanho	4 mg/l de Sn ⁽³⁾
Ferro Dissolvido	0,3 mg/L Fe ⁽¹⁾
Ferro Total	0,3 mg/L Fe ⁽²⁾
Fluoreto Total	1,4 mg/L F ⁽¹⁾
Fosfato	-
Oxigênio Dissolvido (OD)	não inferior a 5 mg/L O ₂ ⁽¹⁾
Sólidos Dissolvidos	500 mg/L ⁽¹⁾
Sólidos em Suspensão	-
Sólidos Sedimentáveis	-
Sulfato Total	250 mg/L SO ₄ ⁽¹⁾
Turbidez	Até 100 UNT ^{(1) (4)}

⁽¹⁾ Valor máximo permitido segundo a Resolução CONAMA n. 357/2005 (rio classe 2);

⁽²⁾ Valor máximo permitido segundo a Portaria do Ministério da Saúde n. 2914/2011;

⁽³⁾ Valor máximo permitido segundo a Resolução CONAMA n. 430/2011;

⁽⁴⁾ UNT: unidades nefelométrica de turbidez;

⁽⁻⁾ Não existe parâmetro legal para o indicador.

Fonte: Autor, 2013.

3.5.1 Procedimento Amostral

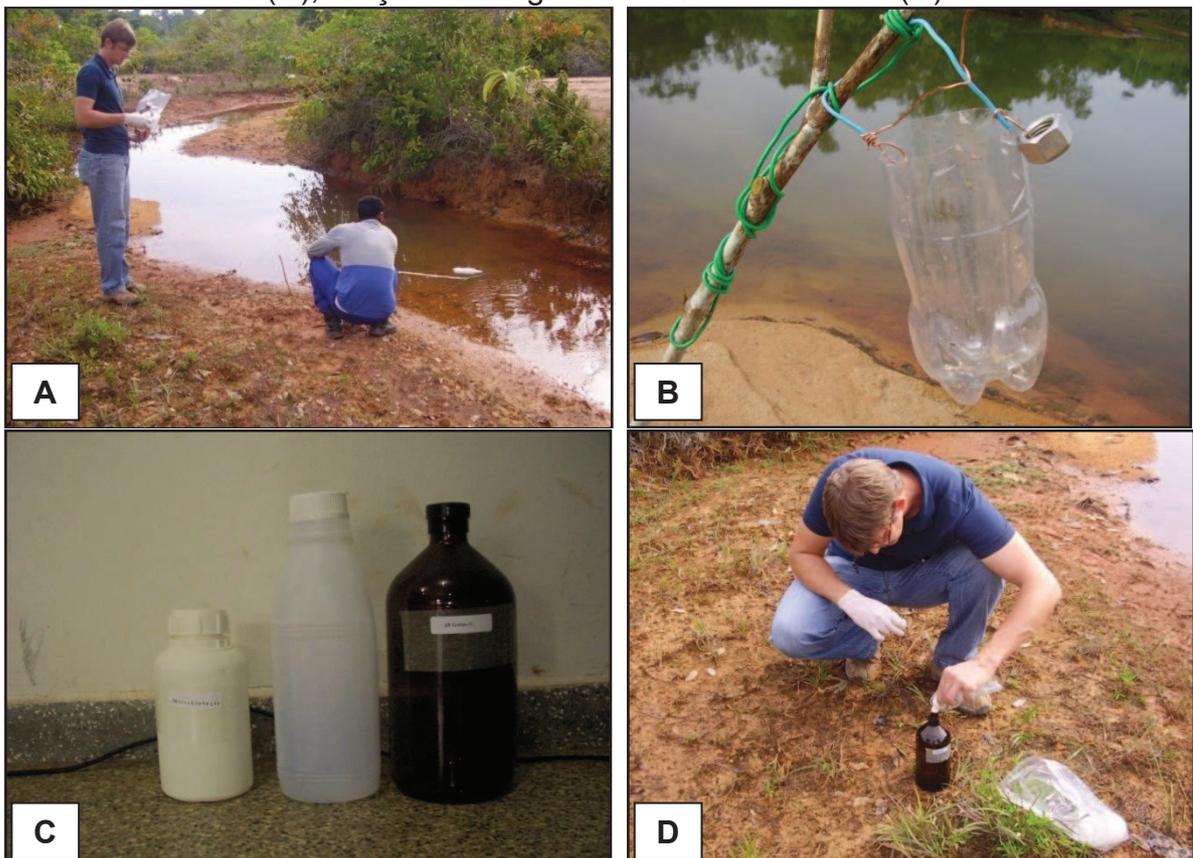
A coleta das amostras estava prevista para ocorrer na segunda quinzena de setembro, entretanto, ao chegar à área, dois dos quatro pontos (BF – 03 e BF – 04) estavam sem água. Segundo depoimento de funcionários da empresa, o igarapé sempre foi perene, correndo água durante o ano inteiro, porém em 2012 o IBAMA exigiu que algumas barragens fossem desmontadas para aumentar a velocidade da corrente. Tal fato deve ter reduzido a quantidade de água nos reservatórios (barragens), baixando o nível do lençol freático durante o período de estiagem.

Como no mês de outubro já se inicia a época chuvosa, pôde-se realizar a amostragem duas semanas depois do planejado.

Para garantir a representatividade e integridade das amostras, foram seguidas as orientações da NBR 9898:1987 (Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores) e do laboratório de análises Analítica – Análises Químicas e Controle de Qualidade, com sede em Cuiabá – MT e uma das filiais em Porto Velho – RO.

Para evitar que fosse necessário entrar no igarapé ou na lagoa na hora da coleta, foi providenciada uma haste com um recipiente na extremidade para acoplar a garrafa de coleta (Figura 11A e 11B).

Figura 11 – Coleta sendo realizada (A); Recipiente para acoplamento da garrafa (B); Frascos de coleta (C); Adição do reagente à amostra coletada (D).



Fonte: Santos, 2013.

Em todos os pontos foram coletados aproximadamente 2,5 litros de água, divididos em três (03) frascos, sendo dois frascos de plástico e um de vidro âmbar (Figura 11C). A garrafa de plástico maior foi utilizada como recipiente de coleta,

sendo colocada no suporte da Figura 11B. Depois foi feita a transposição para os outros dois frascos.

Na transposição do recipiente de coleta para os outros frascos tomou-se o devido cuidado para não contaminar a amostra. Todos que estavam manuseando os frascos usavam luvas de látex e algumas amostras necessitavam do acréscimo de reagente (Figura 11D).

3.6 PROPOSTA DE PLANO DE MONITORAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS E DE PLUVIOMETRIA

Esta etapa considerou a elaboração de uma proposta de plano de monitoramento da qualidade das águas superficiais e de pluvimetria para a área de estudo. Foram definidos os pontos de amostragem, indicadores ambientais e frequência de amostragem.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1.1 Análise de Documentos e Evolução Histórica por Imagens

A empresa possui 56 processos, entre alvarás de pesquisa e concessões de lavra, distribuídos nos estados de Rondônia e Pará. Dentre estes, nove (09) estão inseridos total ou parcialmente na FLONA do Jamari, cobrindo uma área de aproximadamente 34.862,24 ha, grande parte ainda em exploração pela empresa.

A maioria das concessões de lavra fora da área da FLONA é explorada por terceiros, que comercializam o minério junto à empresa, sendo destes a responsabilidade de gerenciar as ações de reabilitação ambiental nas áreas de mineração (cavas).

Dos nove processos inseridos (total ou parcialmente) na FLONA, optou-se por analisar um processo de mineração denominado neste trabalho como “área de estudo”.

Em 2010, a empresa estimou que esta área de estudo em superfície impactada pela mineração de cassiterita, no Igarapé Bom Futuro, ocupava cerca de 50 ha. Porém, uma avaliação recente realizada em 2013, permitiu constatar a ocorrência de afloramentos rochosos (em condições naturais) e vegetação secundária (capoeira, capoeirão) em estágio avançado de reabilitação, e que foram classificadas em 2010, como “a recuperar”. Assim, nestes locais não haverá necessidade de ações de reabilitação, reduzindo a área total de passivo ambiental de 50 ha para 32 ha. Esta estimativa é baseada em imagens, não foi realizado o aferição de campo.

As Figuras 12 e 13 mostram, respectivamente, aspectos da área em 1969 e em 2010. Pode-se visualizar que a área não sofreu grandes mudanças neste período de 40 anos. As áreas de rejeito estão praticamente iguais, assim como os cursos hídricos e a vegetação. No ANEXO 01 se encontra uma carta imagem detalhada sobre a avaliação ambiental com a situação da área em 2010.

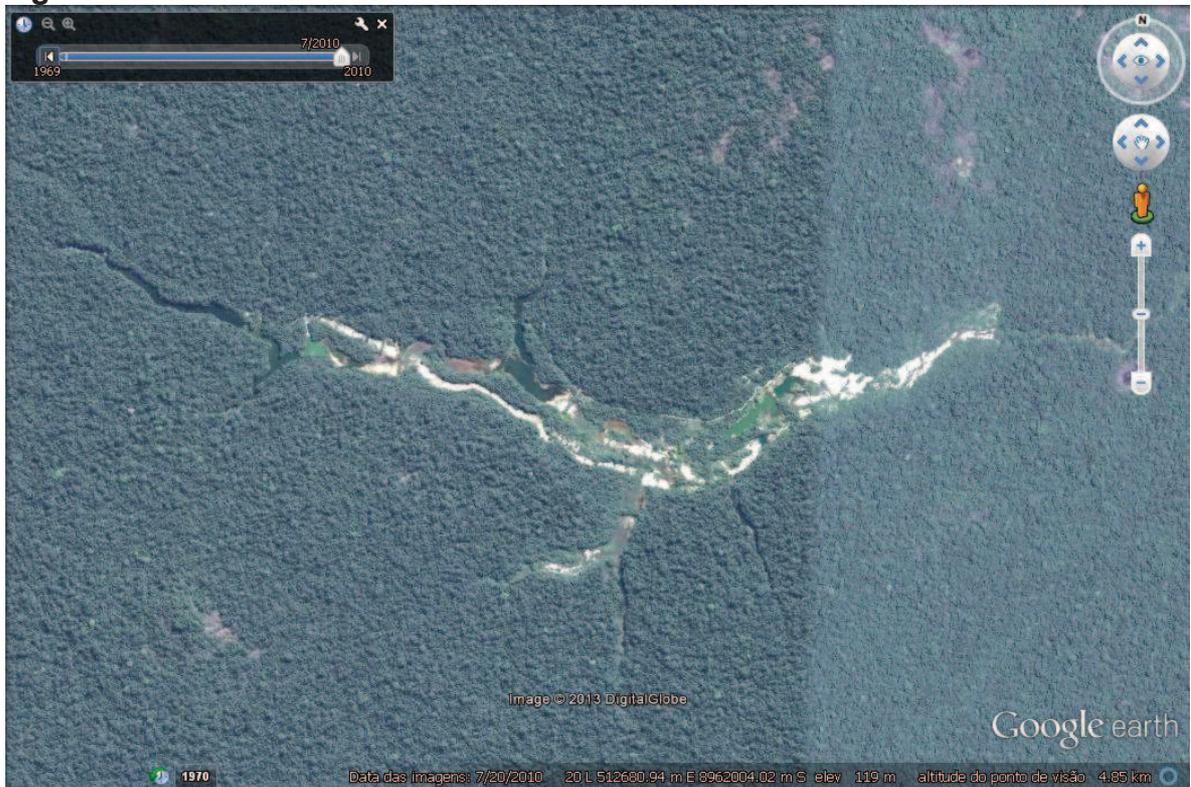
O registro histórico não é muito específico, então não há como saber quando a mineração no local iniciou realmente. Pelas imagens pode-se supor que foi explorada antes da década de 70.

Figura 12 – Área de estudo no ano de 1969.



Fonte: Google Earth, 2013.

Figura 13 – Área de estudo no ano de 2010.



Fonte: Google Earth, 2013.

A concessão de lavra do local foi obtida em 1965 e passou por diversas empresas até ser adquirida pela atual. Como parte do contrato de troca da concessão de lavra, a mineradora assumiu a responsabilidade pela reabilitação das áreas de passivo ambiental.

A área de estudo nunca foi minerada pela atual empresa, e como era necessário iniciar a reabilitação de algumas das áreas adquiridas, optou-se por começar pelos locais que não estavam em exploração. Em 2003 foi elaborado um PRAD para as áreas deste empreendimento, mas que só foi executado em 2010.

4.1.2 Ações de Reabilitação Ambiental na Área de Estudo

Segundo o técnico da empresa, as ações de reabilitação ambiental na área de estudo iniciaram em 2010 em uma área aproximada de 10ha, com o plantio a lanço de leguminosas (*Mucuna* preta, Milheto e *Stylosanthes*) na tentativa de promover a regeneração natural do solo. Porém os resultados em campo não foram satisfatórios, uma vez que não houve florescimento das plântulas na grande maioria das porções da área.

Ainda segundo o técnico da empresa, as análises de solo já haviam indicado a falta de nutrientes, e o resultado negativo desta intervenção apenas confirmou o fato. No segundo ano (2011) a área foi terraplanada e recoberta por solo mais fértil, antes da calagem e semeadura. Esta ação foi realizada em cerca de 10 ha da área de estudo.

Para melhorar a qualidade do solo, o rejeito foi coberto por material mais fértil. Como a área é cercada por floresta nativa (derrubada ilegal) e distante de outros sítios que poderiam fornecer material mais rico em nutrientes, optou-se por espalhar a terra das antigas barragens existentes no local sobre o terreno infértil (Figura 14). Quando o solo das barragens não era suficiente, aumentava-se a área de reabilitação suprimindo vegetação secundária em estágios iniciais, para utilização do material mais fértil no solo. Assim foi possível fazer a reconformação da topografia e fertilizar o solo em uma única ação estratégica da empresa.

Foi realizada a calagem para completar o preparo do solo. Para tanto, efetuou-se uma gradagem antes da semeadura e outra depois. A primeira com o objetivo de incorporar a cal ao solo, e a segunda para cobrir a semente com solo da terraplanagem.

A título de curiosidade, o técnico da empresa realizou testes em algumas áreas. Em determinados locais, por exemplo, não houve calagem, apenas terraplanagem e cobertura, seguidos do plantio. Estas áreas apresentaram regeneração satisfatória, porém nada comparado com os locais que receberam o tratamento completo.

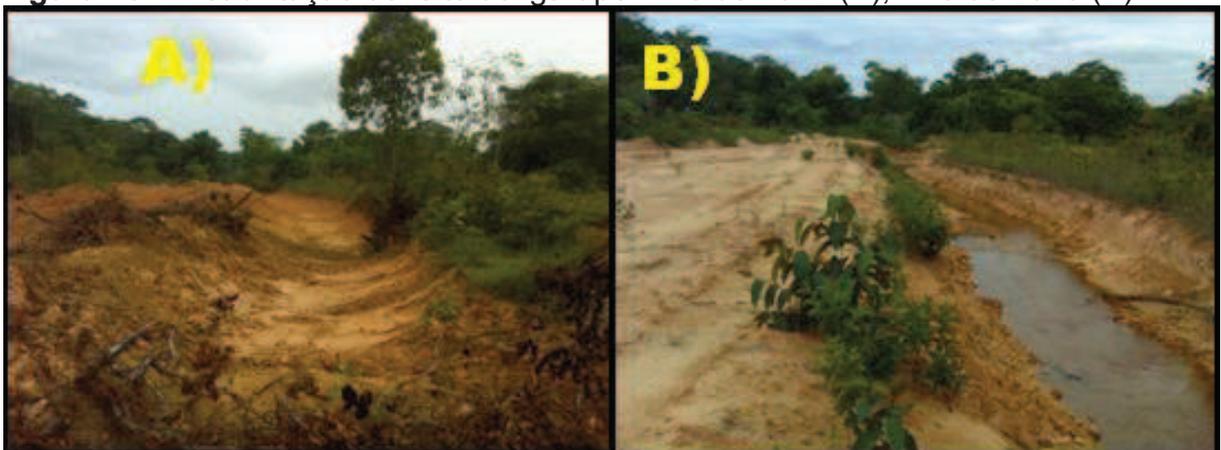
Figura 14 – Trecho da área de estudo, A) antes da reabilitação, B) processo de recapeamento com solo das barragens.



Fonte: Fotografias cedidas de Santos, 2011.

Para completar a reconformação topográfica foi refeito o leito do igarapé (Figura 15).

Figura 15 – Reabilitação do leito do igarapé: Ano de 2012 (A); Ano de 2013 (B).



Fonte: Fotografias cedidas de Santos, 2012, 2013.

A única ação nas lagoas foi o rompimento de algumas barragens por exigências do IBAMA. Não se tem conhecimento da profundidade nem do nível de assoreamento em que estas lagoas se encontram.

4.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

4.2.1 Dados Pluviométricos

Os dados de chuva correspondem a três estações pluviométricas existentes na região próxima a área de estudo, e complementados com dados de chuva registrados em pluviômetros de duas propriedades particulares. Sua localização é apresentada no Quadro 03, assim como as coordenadas geográficas, altitude, série histórica, município em que estão instalados e a distância da área de estudo.

Quadro 03 – Dados pluviométricos utilizados no estudo.

Nomenclatura da Estação Pluviométrica	Coordenadas UTM		Altitude (metros)	Município	Série Histórica		Distância aproximada da Área de Estudo
	E	S			Jan	Out	
Rancho Grande ¹	514522.00	8861668.00	177	Cacaulândia	Jan 1984	Out 2013	100 Km
Chácara Canamari ¹	492892.00	8901116.00	115	Ariquemes	Jan 2008	Out 2013	65 Km
Estação Ponte Rio Preto do Crespo ²	505399.26	8943698.80	Sem dado	Rio Crespo	Jan 1998	Jun 2013	21 Km
Estação Mineração Jacundá ²	505152.40	8985335.54	86	Itapuã do Oeste	Jan 1981	Mar 2007	25 Km
Estação Santo Antônio BR-364 ²	482217.82	8976332.36	96	Itapuã do Oeste	Dez 1977	Jun 2013	36 Km

¹Família Schmitz

²ANA

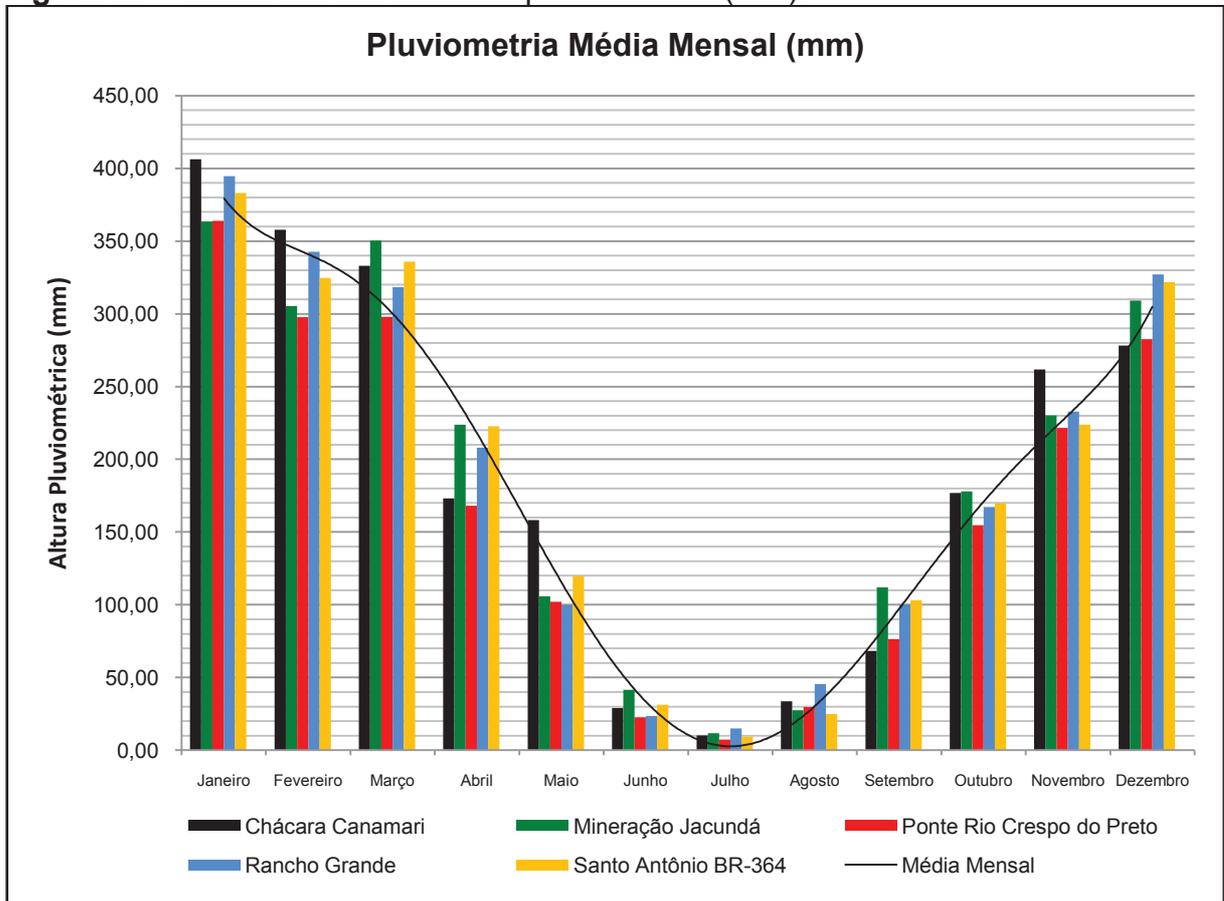
A Tabela 05 apresenta o índice pluviométrico médio mensal das séries históricas dos pluviômetros utilizados neste trabalho. Para facilitar a visualização, a Figura 16 mostra o comportamento das chuvas ao longo do ano nos cinco pluviômetros.

A análise dos dados de chuva considerou a descrição estatística dos extremos e valores médios.

Tabela 05 – Dados estatísticos (média mensal) da altura pluviométrica (mm).

Mês	Estações					Média Mensal
	Chácara Canamari	Mineração Jacundá	Ponte Rio Crespo do Preto	Rancho Grande	Santo Antônio BR-364	
Janeiro	406,33	363,49	364,01	394,78	383,09	382,34
Fevereiro	357,83	305,32	297,69	342,71	324,62	325,63
Março	333,00	350,42	297,86	318,47	335,93	327,13
Abril	173,17	223,79	168,16	208,04	222,68	199,17
Mai	158,25	105,83	101,92	99,58	119,50	117,02
Junho	29,00	41,38	22,65	23,40	31,05	29,50
Julho	10,00	11,58	7,15	14,85	9,13	10,54
Agosto	33,67	27,40	29,71	45,43	24,78	32,20
Setembro	68,33	111,98	76,31	100,30	103,04	91,99
Outubro	176,80	178,03	154,69	167,28	169,52	169,26
Novembro	261,80	230,15	221,60	232,71	223,83	234,02
Dezembro	278,20	309,14	282,64	327,07	321,82	303,77
Média da estação	190,53	188,21	168,70	189,55	189,08	185,21
Total Anual	2286,38	2258,51	2024,39	2274,62	2268,99	2235,36

Fonte: Autor, 2013.

Figura 16 – Média mensal da altura pluviométrica (mm).

Fonte: Autor, 2013.

A SEDAM (2003) delimita o período chuvoso, no estado de Rondônia, de Outubro a Abril, e o período mais seco entre Junho a Agosto, e ainda, que Maio e Setembro são meses de transição. A Figura 16 apresenta a pluviometria no entorno da área de estudo, demonstrando a distribuição das chuvas durante o ano, correspondendo com os dados da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental.

O clima do estado de Rondônia é classificado como tipo Aw – Clima Tropical Chuvoso, segundo a classificação de Köppen. Este tipo tem como características “um período seco bem definido durante a estação de inverno, quando ocorre no Estado um moderado déficit hídrico com índices pluviométricos inferiores a 50 mm/mês” (SEDAM 2012).

O regime pluviométrico em Rondônia caracteriza-se por ser distribuído ao longo do ano, devido aos principais fenômenos atmosféricos ou mecanismos dinâmicos que atuam no estado. Estes fenômenos são (SEDAM, 2003):

...as altas convecções diurnas (água evaporada no local e a evapotranspiração resultante do aquecimento das superfícies das águas, florestas e vegetação) associadas aos fenômenos atmosféricos de larga escala: a Alta da Bolívia - AB (anticiclone que se forma nos altos níveis da atmosfera (200 hPa) durante os meses de verão e situa-se sobre o altiplano boliviano), a Zona de Convergência Intertropical - ZCIT e as Linhas de Instabilidade - Lis (conglomerado de nuvens cumulonimbus que se forma na costa norte-nordeste do oceano Atlântico, devido a circulação da brisa marítima).

A pluviometria total anual no estado de Rondônia varia de 1131 a 3682 mm. Pode-se observar alguma diferença sazonal quanto às características das pluviometrias. Os meses de Outubro a Abril são caracterizados por chuvas mais frequentes e de maior intensidade, enquanto que os meses de Maio a Setembro menor intensidade e menor frequência de chuvas. Quase não se observa distribuição irregular entre os valores médios de chuva nas cinco estações.

4.2.2 Resultados Analíticos da Campanha Amostral

Os laudos referentes às análises realizadas durante a pesquisa não ficaram prontos a tempo da entrega deste trabalho, por isso serão discutidos apenas os dados analíticos encontrados em uma única campanha amostral realizada no início do mês de fevereiro de 2007, durante a elaboração do Estudo de Impacto

Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) da mineração de cassiterita no interior da FLONA.

Na área de estudo foi utilizado apenas um ponto de monitoramento da qualidade das águas superficiais. Este ponto tem como coordenadas geográficas (UTM) 514506 (leste) e 8962416 (Norte), e localiza-se à jusante das áreas degradadas no Igarapé Bom Futuro.

Os indicadores ambientais da qualidade da água considerados neste estudo estão descritos na Tabela 06, assim como o valor encontrado e o valor máximo permitido de acordo com a Portaria n. 2914/11 do Ministério da Saúde e a Resolução CONAMA n. 357/05.

No laudo, os indicadores ambientais foram comparados à Portaria 518/04, porém em 2011 esta norma foi revogada pela Portaria 2914/11. Ambas são do Ministério da Saúde e dispõem, entre outras coisas, sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Neste estudo, os parâmetros foram comparados com os valores máximos permitidos na Resolução CONAMA 357/05 para os rios Classe 2 e, em caso de ausência do parâmetro nesta norma, utilizou-se a Portaria 2914/11.

Todos os parâmetros físico-químicos estão dentro da normalidade se comparados utilizando-se a metodologia acima. A cor e turbidez estão fora do padrão quando comparadas à Portaria 2914/11 do MS, mas como o igarapé não é utilizado como fonte de água potável, pode-se levar em consideração apenas os padrões da Resolução CONAMA 357/05. É interessante destacar o parâmetro "Ferro Total". O valor encontrado (0,22 mg/l de Fe) está próximo do Valor máximo permitido (0,3 mg/l de Fe).

Os parâmetros microbiológicos, quando comparados à portaria 2914/11 do MS, estão fora do padrão, já que devem estar ausentes no caso dos coliformes totais e termotolerantes, porém os dois indicadores apontaram a presença de 94 NMP/100 ml. A resolução CONAMA n. 357 de 2005 para rios Classe 2 apresenta padrão apenas para os coliformes termotolerantes (menos de 1000 coliformes termotolerantes em 100 mililitros), então, neste caso, o parâmetro está abaixo do limite permitido.

Tabela 06 – Resultados da análise no ponto amostrado no EIA/RIMA.

Indicador Ambiental	Valor Encontrado	Unidade	Valor Máximo	Valor Máximo
			Permitido CONAMA n. 357/2005	Permitido Portaria n. 2914 MS
Aspecto	L. Turvo	-	-	-
Cor	50,0	Mg de Pt/L	até 75	15 unidades Hazen (mgPt-Co/L)
Odor	Ausente	-	Virtualmente Ausente	-
pH	6,14	-	6,0 a 9,0	-
Turbidez	14,3	UNT	Até 100	5
Cloreto	1,00	mg/l de Cl ⁻	250	250
Ferro Total	0,22	mg/l de Fe	0,3	0,3
Sulfato	2,28	mg/l de SO ₄	250	250
Oxigênio Consumido	0,4	mg/l de O ₂	0,5	-
Dureza Total	0,0	mg/l de CaCO ₂	-	500
Dureza em Ca	0,0	mg/l de CaCO ₃	-	-
Dureza em Mg	0,0	mg/l	-	-
Sólidos Totais	-	-	-	200
Nitrogênio Nitrito	0,0	mg/l N	1,00	1,00
Nitrogênio Nitrato	0,0	-	10,00	10,00
CO ₂ Livre	17	mg/l de CO ₂	-	-
Condutividade específica a 25°	51,8	μ S/cm	-	-
Alcalinidade OH ⁻	0,0	mg/l de CaCO ₃	-	-
Alcalinidade CO ₃	0,0	mg/l de CaCO ₃	-	-
Alcalinidade HCO ₃	10,0	mg/l de CaCO ₃	-	-
Contagem de Bactérias	>500	UFC/ml a 35 °C 24 Hs	-	-
NMP Coliformes Totais	94	NMP/100ml	-	Ausência em 100 mL
NMP Coliformes Termotolerantes	94	NMP/100ml	1000 Coliformes/100ml	Ausência em 100 mL
Nº de Colônias na membrana Filtrante	-	NCMF/100ml	-	-

Fonte: Adaptado de STPC, 2007.

No ANEXO 02 constam os resultados analíticos (Laudo Técnico) da amostra em questão, porém não constam o método de análise utilizado e o limite detectável, deixando falha a representatividade dos dados.

4.3 PROPOSTA DE PLANO DE MONITORAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS E DE PLUVIOMETRIA

Tendo em vista a existência de poucas informações sobre a qualidade dos recursos hídricos da área de estudo, e que o PRAD faz referência à necessidade do monitoramento destes recursos, propõe-se um plano de monitoramento.

4.3.1 Apresentação

O acompanhamento da evolução da qualidade das águas superficiais visa avaliar a contribuição das medidas previstas no PRAD para a melhoria da qualidade dos recursos hídricos locais.

De acordo com IBAMA (1990) e Araujo et al. (2007), as ações de reabilitação ambiental de uma determinada área degradada envolvem não só a proposição de medidas que venham a melhorar as condições do local afetado, mas também o acompanhamento ou monitoramento das medidas propostas visando à compreensão da evolução do processo de reabilitação do local. Assim, deve-se definir, levando em conta principalmente o diagnóstico da área, quais são os pontos mais críticos e quais são os indicadores ambientais que deverão ser monitorados.

Embora ainda pouco usado como parte fundamental de projetos de reabilitação ou recuperação de áreas degradadas, o monitoramento, quando planejado adequadamente, possibilita não só uma avaliação da eficiência dos métodos aplicados, mas também a correção de rumos do processo. O não atendimento desta medida representa um grande desperdício do principal capital destes programas, que é a informação disponível. A geração de dados de acompanhamento de cada método é o principal instrumento para a progressiva melhoria de sua eficiência e conseqüentemente dos resultados da reabilitação (GANDOLFI e RODRIGUES, 1996).

4.3.2 Estações de Amostragem

As águas superficiais do sistema lótico e lêntico serão monitoradas em sua qualidade (análises físico-químicas) e quantidade (vazão), permitindo uma

avaliação da carga poluente em oito estações amostrais (Quadro 04). A localização das estações de monitoramento se encontra na Figura 17.

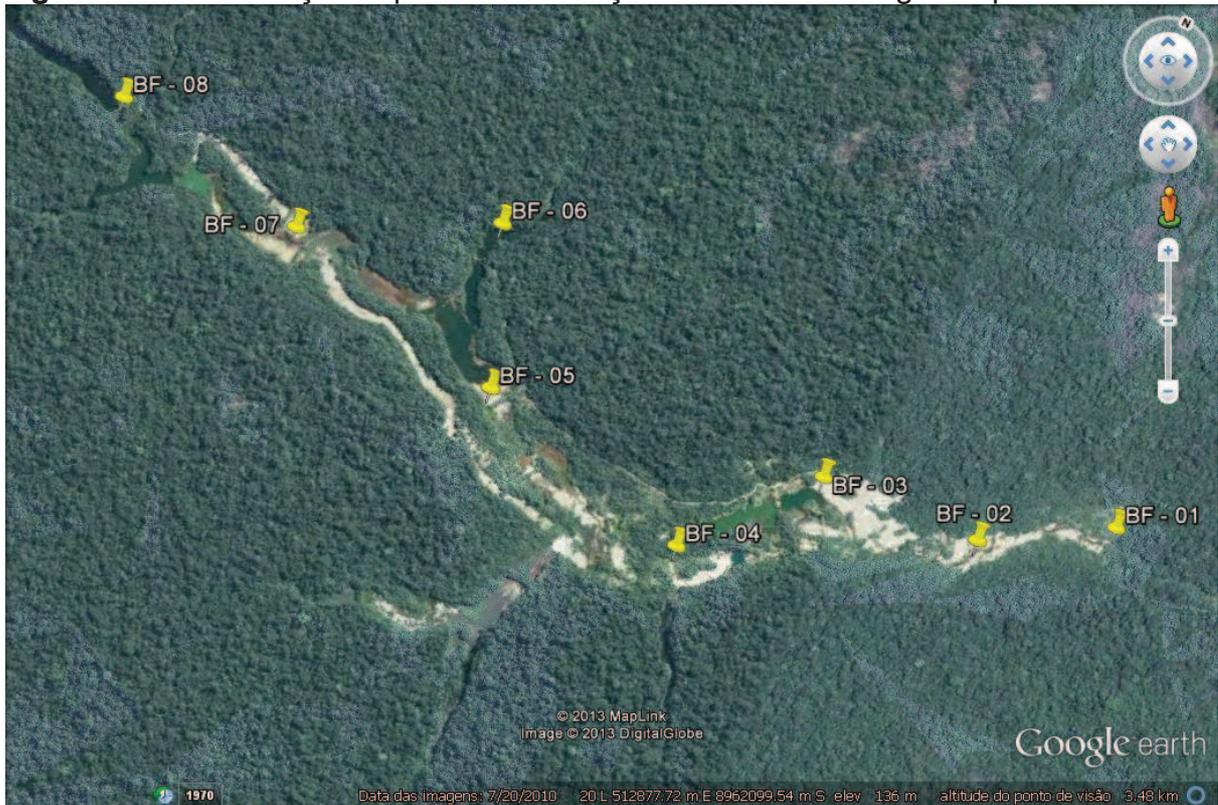
Sugere-se ainda, analisar a profundidade das lagoas para determinar se é necessária uma análise diferenciada nos pontos de amostragem de locais lânticos. Esta atividade será realizada inicialmente, antes da primeira campanha amostral. Deverá ser determinado, também, o nível de assoreamento, já que as áreas estão abandonadas há muito tempo e circundadas por solo arenoso, altamente suscetível à erosão.

Quadro 04 – Estações de monitoramento da qualidade das águas superficiais (ambientes lóticos) no Igarapé Bom Futuro.

Estação de monitoramento	Coordenadas UTM		Descrição das Estações
	E	S	
BF – 01	514.507,00	8.962.386,00	Jusante da área, final da área de rejeito e início da vegetação
BF – 02	514.124,00	8.962.161,00	Córrego ao final da área, rejeito nas duas margens
BF – 03	513.593,00	8.962.134,00	Lagoa com áreas em reabilitação nas margens
BF – 04	513.263,00	8.961.735,00	Córrego no meio da área, uma margem com rejeito outra com mata secundária
BF – 05	512.509,00	8.961.938,00	Córrego entre duas barragens, rejeito nas duas margens
BF – 06	512.319,00	8.962.427,00	Lagoa localizada no norte da área, afluente da margem esquerda do Igarapé Bom Futuro
BF – 07	511.728,00	8.962.138,00	Córrego com leito artificial, rejeito nas duas margens
BF – 08	511.058,00	8.962.277,00	Córrego a montante da área

Fonte: Autor, 2013.

Figura 17 – Localização espacial das estações amostrais de água superficial.



Fonte: Google Earth, 2013.

4.3.3 Indicadores Ambientais

O conjunto de variáveis ambientais para acompanhamento da evolução da qualidade da água foi selecionado a partir de parâmetros indicados na NBR 12649 (1992), em seu anexo sobre mineração de cassiterita secundária a céu aberto.

A amostragem da água terá frequência semestral durante o período de cinco anos. Inicialmente, será realizada uma campanha de amostragem para caracterização hidrológica do local, visando à confirmação dos pontos em campo. O primeiro relatório de monitoramento da qualidade das águas superficiais considerará duas primeiras campanhas de amostragem (uma inicial de confirmação em campo e outra como sendo a primeira campanha amostral).

As análises serão realizadas por laboratórios de análises físico-químicas e microbiológicas existentes na região ou estado, devidamente credenciados e certificados para esta atividade. O Quadro 05 apresenta as variáveis que serão monitoradas. O método analítico foi adotado com base na metodologia recomendada.

Quadro 05 – Indicadores de qualidade, método de análise e limite detectável (LD) para caracterização da qualidade da água.

Indicador Ambiental	Unidade	LD	Método de Análise
Acidez Total	(mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	0,5	SMEWW 2310B
Alcalinidade Total	(mg.L ⁻¹)	0,5	Titulométrico a pH 4,3
Alumínio	(mg.L ⁻¹)	0,01	EAA - Chama
Cloreto Total	(mg.L ⁻¹)	5	Cromatografia Iônica
Cobalto Total	(mg.L ⁻¹)	0,01	EAA - Chama
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	Ausente	STANDARD METHODS, 2012, 22 ed. Section 9221, p.9-65 -9-76
Condutividade	(mS.cm ⁻¹)	0,001	Conducométrico
Cor verdadeira	(mg.L ⁻¹ PtCo)	1	Espectrofotométrico
Cromo total	(mg.L ⁻¹)	0,02	EAA - Chama
Dureza Total	(mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	1	Cromatografia Iônica
Estanho	(mg.L ⁻¹)	0,01	EAA - Chama
Ferro Dissolvido	(mg.L ⁻¹)	0,02	EAA - Chama
Ferro Total	(mg.L ⁻¹)	0,02	EAA - Chama
Fluoreto Total	(mg.L ⁻¹)	0,1	Colorimétrico
Fosfato	(mg.L ⁻¹)	0,03	Colorimétrico
Manganês	(mg.L ⁻¹)	0,01	EAA - Chama
Medida de vazão	(L.s ⁻¹)	0,1	Molinete e flutuadores
Oxigênio dissolvido	(mg.L ⁻¹)	0,1	Potenciométrico
pH	---	0,1	Potenciométrico
Sólidos Dissolvidos	(mg.L ⁻¹)	10	Gravimétrico
Sólidos em Suspensão	(mg.L ⁻¹)	10	Gravimétrico
Sólidos Sedimentáveis	(mL.L ⁻¹)	0,1	Cone Imhoff
Sulfato	(mg.L ⁻¹)	5	Cromatografia Iônica
Turbidez	NTU	0,1	Nefelométrico

Fonte: Autor, 2013.

4.3.4 Planejamento da Amostragem

Na realização da amostragem deve-se prezar pela representatividade e integridade das amostras. Os cuidados que devem ser tomados são:

- Uso de luvas para manuseio das amostras;
- Recipientes adequados conforme tipo de análise desejada. Observar orientação do laboratório;
- Uso de haste de suporte para o recipiente, evitando modificar a amostra adentrando no igarapé;
- Levar caixa térmica com gelo para preservação das amostras;
- Algumas análises requerem correções com reagentes. Observar orientação do laboratório.

Como o local é distante e de difícil acesso, sugere-se a limpeza da estrada e verificação dos pontos de amostragem um dia antes.

O detalhamento do procedimento de amostragem consta no Apêndice A.

4.3.5 Monitoramento da Pluviometria

O monitoramento das condições climáticas tem por objetivo registrar diariamente o índice pluviométrico na área em processo de reabilitação, com a finalidade de subsidiar o monitoramento da qualidade das águas superficiais, do desenvolvimento da cobertura vegetal e do controle dos processos erosivos. Além disso, o registro dos períodos chuvosos e secos permite a definição de medidas para a minimização dos impactos durante a execução da obra.

O registro das condições climáticas, em especial da intensidade pluviométrica, é de extrema importância, uma vez que facilita a compreensão da dinâmica ambiental da área a ser reabilitada, considerando os compartimentos onde serão realizadas as intervenções.

O monitoramento dos dados de pluviometria será realizado através de um pluviômetro instalado próximo ao viveiro da empresa, pois a instalação no local de reabilitação seria muito onerosa. Em caso de medição por pluviômetro convencional, haveria necessidade de deslocamento diário até o local. São 40 km de estradas de chão, implicando em despesas com combustível e desgaste do veículo. Outra opção seria a instalação de uma estação pluviométrica automática, porém o custo de aquisição é oneroso.

A frequência de medição deverá ser diária (24 horas), simultaneamente ao início das obras previstas no PRAD. As principais características técnicas do pluviômetro e de infraestrutura de instalação são apresentadas a seguir:

- Pluviômetro:
 - Referência: Pluviômetro *Ville de Paris* em chapa inoxidável;
 - Capacidade: 125 mm;
 - Área de captação: 400 cm².
- Instalação
 - Fixação: suporte constituído por barras de alumínio;
 - Altura da superfície: suporte instalado a 1,5 m;

- Braçadeiras de fixação: duplo reforço e pintura eletrostática anticorrosiva;
- Proveta pluviométrica: em acrílico, com leitura direta de 0,1 a 10 milímetros (precisão de 0,1 mm);
- Isolamento/proteção do pluviômetro: tela de alambrado em aço inoxidável, com 1,5 metros de altura, locada a três metros de distância do pluviômetro.

Os relatórios serão elaborados com frequência semestral, contendo o registro e análise de consistência dos dados diários de pluviometria.

Por ocasião do planejamento para colocar em prática o presente Plano de Monitoramento, recomenda-se a utilização dos dados pluviométricos de equipamentos na proximidade da área. Desta forma, os dados de pluviometria poderão ser obtidos em conjunto com outras atividades instaladas nas imediações da área a ser reabilitada.

4.3.6 Frequência de Amostragem

O Quadro 06 apresenta a proposta de cronograma físico para implantação do plano de monitoramento dos recursos hídricos superficiais e de pluviometria para a área de estudo.

Quadro 06 – Cronograma físico de implantação do plano de monitoramento indicando frequência de amostragem e compartimento ambiental.

COMPARTIMENTO AMBIENTAL	Período em Trimestre																			
	1º ANO				2º ANO				3º ANO				4º ANO				5º ANO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pluviometria	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Qualidade das Águas Superficiais	x	x		x		x		x		x		x		x		x		x		x

Fonte: Autor, 2013.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a qualidade dos recursos hídricos superficiais em uma área de mineração de cassiterita em processo de reabilitação ambiental, usando os resultados analíticos da qualidade de água. No entanto, em função de atraso da confecção dos laudos analíticos, foi possível avaliar apenas uma única campanha amostral realizada em 2007 na fase do EIA/RIMA, em um único ponto.

Através da análise dos documentos associada às visitas de campo e depoimento de funcionários da empresa, foi possível verificar as ações de reabilitação realizadas pela empresa e constatar que as ações de execução do PRAD estão propiciando a reabilitação, em termos positivos, do ambiente terrestre. A reconformação da topografia e plantio de leguminosas permitiu a suavização das pilhas de rejeito, causando um impacto visual expressivo, adensando a cobertura vegetal e diminuindo a área de exposição de rejeito.

A concessão de lavra do local foi obtida em 1965 e passou por diversas empresas até ser adquirida pela atual. Como parte do contrato de troca da concessão de lavra, a mineradora assumiu a responsabilidade pela reabilitação das áreas de passivo ambiental.

Os dados pluviométricos demonstraram baixa variação entre as cinco estações analisadas, e se mostraram dentro da normalidade para o clima do estado, com alta pluviometria entre os meses de Outubro a Abril e um período de maior estiagem entre Maio e Setembro.

A campanha amostral nos quatro pontos definidos neste trabalho foi realizada em 15 de Outubro, e as amostras entregues ao laboratório no mesmo dia. É válido ressaltar que houve duas semanas de atraso na amostragem, pois na data prevista dois dos pontos estavam sem água. Além disso, a avaliação dos resultados amostrais ficou comprometida, uma vez que não houve retorno dos laudos técnicos até a data de entrega deste trabalho. Por isso, não foi possível realizar a avaliação da qualidade da água dos quatro pontos superficiais e compará-las com os resultados da amostra realizada em 2007, na fase do EIA/RIMA.

Os resultados analíticos de qualidade de água realizados no EIA/RIMA (2007), quando comparado com a Resolução CONAMA 357/05 para rios classe 2,

não se encontra fora do padrão, podendo ser utilizada para vários fins, como, por exemplo, irrigação, aquicultura, pesca, recreação e outros.

Como resultado do conhecimento adquirido durante a realização da campanha amostral e as informações contidas nas referências bibliográficas consultadas, foi possível propor um plano de monitoramento detalhado dos recursos hídricos superficiais e de pluviometria. O documento sugere o monitoramento da qualidade e vazão em oito pontos amostrais, além de indicadores ambientais e frequência de amostragem. Também foi proposto um Plano de Amostragem, determinando instruções e procedimentos de coleta (amostragem de campo), seguido de preservação das amostras além de cuidados que devem ser tomados.

No campo das recomendações, sugerem-se as seguintes propostas:

- Elaborar e implantar outros programas de monitoramento, como: qualidade de solo; geológico-geotécnico; flora e fauna; e sedimentos;
- Avaliar o grau de assoreamento das lagoas e o impacto da reabilitação sobre estes corpos hídricos lânticos;
- Elaboração de banco de dados dos resultados dos programas de monitoramento ambiental;
- Conclusão das ações de reabilitação ambiental no restante da área impactada na área de estudo.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma 12649**. Brasília: ABNT, 1992.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma 13028**. Brasília: ABNT, 1993.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma 13030**. Brasília: ABNT, 1999.
- ANA – Agência Nacional de Águas. **Cuidando das águas**: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos. Brasília: ANA, 2011. 154p.
- ARAÚJO, G.H.S.; ALMEIDA, J.R.; GUERRA, A.J.T.; **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007, 320 p.
- BAIRD, Colin. **Química ambiental**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- BARBOSA, L.M. (coord.). **Manual para reabilitação de áreas degradadas do estado de São Paulo**: Matas Ciliares do Interior Paulista. São Paulo: Instituto de Botânica, 2006.
- BRAGA, Benedito et al. **Introdução à engenharia ambiental**. 8.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005, 318p.
- BRASIL, Constituição (1988), **Constituição da República Federativa do Brasil**, Casa Civil, Brasília, DF, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm>. Acesso em: 10 ago. 2013.
- BRASIL, **Decreto Nº 97.632**. Casa Civil, Brasília, DF, 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D97632.htm>. Acesso em: 07 ago. 2013.
- BRASIL, **Lei Nº 12.651**. Casa Civil, Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651compilado.htm>. Acesso em: 27 ago. 2013.
- BRASIL, **Lei Nº 6938**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Casa Civil, Brasília, DF, 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938compilada.htm>. Acesso em: 07 ago. 2013.
- BRASIL, **Lei Nº 9.985**. Casa Civil, Brasília, DF, 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm>. Acesso em: 07 ago. 2013.
- BRITO, T. D et al. **Plano de recuperação de áreas degradadas**. Brasília, 2003.
- CAVALCANTE, V. (coord.); AZEVEDO, C. R. de (coord.). **Plano de manejo da Floresta Nacional do Jamari – Rondônia**. Brasília, 2005, 1º v.
- CAVALCANTE, V. (coord.); AZEVEDO, C. R. de (coord.). **Plano de manejo da Floresta Nacional do Jamari – Rondônia**. Brasília, 2005, 2º v.
- CAVALCANTE, V. (coord.); AZEVEDO, C. R. de (coord.). **Plano de manejo da Floresta Nacional do Jamari – Rondônia**. Brasília, 2005, 5º v.

CONAMA, **Resolução nº 357**. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2013.

CONAMA, **Resolução nº 369**. Brasília, DF, 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489>>. Acesso em: 15 set. 2013.

DELBONI JR. H. Cominuição. In: CETEM - Centro de Tecnologia Mineral. **Tendências Tecnológicas Brasil 2015: Geociências e Tecnologia Mineral**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007. P 103 - 132.

DIAS, Luiz Eduardo; MELLO, Jaime Wilson Vargas. **Recuperação de Áreas Degradadas**. Viçosa: UFV. Departamento de Solos. Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. 251 p., 1998.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Solos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 228 p., 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Solos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Práticas de Conservação do Solo e Recuperação de áreas degradadas**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2003, 29p.

FARIAS, C. E. G. **A mineração e o meio ambiente**. Brasília, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2002. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/ct_mineral/documentos/ct-mineral03mineracao_meio_ambiente.pdf> Acesso em: 23 set. 2013.

GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. Recomposição de Florestas: Algumas Perspectivas Metodológicas para o Estado de São Paulo. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO, 3, 1996, Curitiba. **Recuperação de Áreas Degradadas**. Curitiba: 1996. p.83-100, 1996.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração: Técnicas de Revegetação**. Brasília, 96 p., 1990.

IBAMA- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Instrução Normativa nº 04**, de 13 de abril de 2011. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 abr. 2011. Seção 1, p. 100. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/supes_go/in_ibama_n_004_de_13_04_2011_dou1_14_04_11_procedimentos_para_elaborao_de_prads.pdf> Acesso em: 11 ago, 2013.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Instrução Normativa nº 09**, de 28 de abril de 2010. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/o-que-somos/in092010.pdf>> Acesso em: 15 set. 2013.

KOPPE, J.C. A lavra e a indústria mineral no Brasil: estado da arte e tendências tecnológicas. In: CETEM - Centro de Tecnologia Mineral. **Tendências Tecnológicas**

Brasil 2015: Geociências e Tecnologia Mineral. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007. P 81 - 102.

LONGO, R. M.; RIBEIRO, A. Í.; MELO, W. J. de. Caracterização física e química de áreas mineradas pela extração de cassiterita. **Bragantia**, Campinas, vol. 64, núm. 1, 2005, p. 101-107. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90864111>>. Acesso em: 10 ago, 2013.

LONGO, R. M.; RIBEIRO, A. Í.; MELO, W. J. de. Recuperação de solos degradados na exploração mineral de cassiterita: biomassa microbiana e atividade da desidrogenase. **Bragantia**, Campinas, vol. 70, núm. 1, 2011, p. 132-138. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90818713019>>. Acesso em: 10 ago, 2013.

LOTT, C. et al. Recuperação de áreas e fechamento de minas. **Revista Brasil Mineral**: Edição Especial Mineração e Meio Ambiente, n.228, p 26 a 31. 2004.

MACHADO, F. B. **Cassiterita**. [200-?]. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/museudpm/banco/oxidos/cassiterita.html>> Acesso em: 10 ago, 2013.

MARCHESIN et al. **Estanho**: Métodos de lavra. 2012. Disponível em: <<http://ge902estanho2012.wordpress.com/processos/metodos-de-lavra/>> Acesso em: 28 nov. 2013.

MEIO AMBIENTE: Impacto ambiental. Amazônia Legal, [200-?]. Disponível em: <http://www.amazonialegal.com.br/textos/impacto_amb.htm>. Acesso em: 23 set. 2013.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, **Portaria nº 2.914**. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_2914_12_12_2011.pdf> Acesso em: 08 ago. 2013.

MME - Ministério de minas e energia. **PRODUTO 18**: Minério de Estanho. Brasília: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, 2009.

PIOLLI, A. L. CELESTINI, R. M. MAGON, R. **Teoria e prática em Recuperação de áreas degradadas**: plantando a semente de um mundo melhor. Serra Negra: CETESB, 2004.

RODRIGUES, A. F. S. Estanho. In: DNPM. **Balanco Mineral Brasileiro 2001**. Brasília: DNPM, 2001. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001/estanho.pdf>> Acesso em: 28/11/2013.

RODRIGUES, N. D. **Avaliação da revegetação de áreas mineradas na floresta nacional do Jamari, RO**. Seropédica: UFRRJ, 2009. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/inst/monografia/2009II/Nayara.pdf>> Acesso em: 14 set. 2013.

RONDÔNIA, **Decreto Nº 10114**. Porto Velho, RO, 2002. Disponível em: <<http://www.inteligenciaambiental.com.br/sila/pdf/edecexero10114-02.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

RONDÔNIA, **Lei Complementar Nº 255**. Porto Velho, RO, 2002. Disponível em: <http://www.sedam.ro.gov.br/images/stories/conselho/legislacao/lei_estadual_recurso_shidricos.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2013.

RONDÔNIA, **Lei Nº 547**. Porto Velho, RO, 1993. Disponível em: <<http://www.sedam.ro.gov.br/arquivos/arquivos/13-06-13-13-20-05lei5471993.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2013.

SANCHEZ, L.H. Mineração e meio ambiente. In: CETEM - Centro de Tecnologia Mineral. **Tendências Tecnológicas Brasil 2015**: Geociências e Tecnologia Mineral. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007. p. 191 - 208.

SEDAM – Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. **Atlas Geoambiental de Rondônia**. Porto Velho: SEDAM, 2003.

SEDAM – Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. **Boletim Climatológico de Rondônia – 2010**. Porto Velho: COGEO - SEDAM, 2012. Disponível em <<http://www.sedam.ro.gov.br/images/boletim2010.pdf>>. Acesso em: 05 de nov. 2013.

SILVA, J.P.S. Impactos ambientais causados por mineração. **Espaço de Sophia**, CIDADE, ESTADO, ano 1, nº 08, 2007. p. 29 – 47. Disponível em: <<http://www.espacodasophia.com.br/revista/edicoes-anteriores/edicao-08.html>> Acesso em: 23 set. 2013.

SOUZA, V. da S.; BOTELHO, N. F. Composição química e isótopos de oxigênio em cassiterita e wolframita nos greisens do albita granito Palanqueta, depósito de estanho de Bom Futuro (RO). **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, SP, vol 39, núm. 4, 2009, p. 695-704. Disponível em: <http://www.sbgeo.org.br/pub_sbg/rbg/vol39_down/3904/11537.pdf>. Acesso em: 10 ago, 2013.

STCP. **Apoio ao licenciamento das áreas de mineração da Metalmig, na floresta nacional do Jamari em Rondônia**: Produto 4 - Estudo Ambiental. Curitiba, 2007.

STRAHLER, A. N. **Geologia Física**. Barcelona: Ediciones Omega, 1992.

YADA, M. M. et al. Atributos biológicos em solos degradados por mineração em fase de Recuperação - serra da onça, RO, Brasil. **XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. Uberlândia: 2011. Disponível em: <http://www.ufpi.br/bomjesus/snp/1195_2.pdf>. Acesso em: 18 set, 2013.

APÊNDICE A
Planejamento de amostragem

1 OBJETIVO

Análise quali-quantitativa das águas superficiais da área em reabilitação ambiental no empreendimento no interior da FLONA do Jamari.

2 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- NBR 9897:1987 - Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores;
- NBR 9898:1987 - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores;
- NBR 12649:1992 - Caracterização de cargas poluidoras na mineração
- Resolução CONAMA 357:2005 - Estabelece os padrões de qualidade de corpos hídricos;
- Resolução CONAMA 430:2011 - Estabelece os padrões de qualidade de corpos hídricos;
- Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde - Estabelece os padrões de potabilidade de água para consumo humano.

3 INTRODUÇÃO

O plano de amostragem tem como objetivo principal garantir a representatividade e integridade da amostra ao estudo proposto. Com a definição dos objetivos o planejamento é estabelecido, o qual inclui os locais de amostragem, parâmetros selecionados, amostragens adequadas e o cronograma das atividades.

O planejamento correto das atividades de campo é de importância fundamental para o sucesso do trabalho e devem ser consideradas as seguintes etapas:

4 DEFINIÇÃO DO PROGRAMA DE AMOSTRAGEM

4.1 IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

Os pontos de amostragem são identificados no Quadro 01, com suas coordenadas e respectiva descrição do local.

Quadro 01 – Identificação e localização dos pontos de coleta.

Estação de monitoramento	Coordenadas UTM		Descrição das Estações
	E	S	
BF – 01	514.507,00	8.962.386,00	Jusante da área, final da área de rejeito e início da vegetação
BF – 02	514.124,00	8.962.161,00	Córrego ao final da área, rejeito nas duas margens
BF – 03	513.593,00	8.962.134,00	Lagoa com áreas em reabilitação nas margens
BF – 04	513.263,00	8.961.735,00	Córrego no meio da área, uma margem com rejeito outra com mata secundária
BF – 05	512.509,00	8.961.938,00	Córrego entre duas barragens, rejeito nas duas margens
BF – 06	512.319,00	8.962.427,00	Lagoa localizada no norte da área, afluente da margem esquerda do Igarapé Bom Futuro
BF – 07	511.728,00	8.962.138,00	Córrego com leito artificial, rejeito nas duas margens
BF – 08	511.058,00	8.962.277,00	Córrego a montante da área

4.2 INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL

O Quadro 02 apresenta os parâmetros ou indicadores de qualidade ambiental que serão monitorados para avaliar a qualidade da água bem como o limite permitido pela legislação vigente.

Quadro 02 – Indicadores ambientais e seus limites legais.

Indicador de Qualidade Ambiental da Água	Limites Permitidos pela Legislação Vigente ⁽¹⁾
pH	6,0 a 9,0 ⁽¹⁾
Acidez	-
Alcalinidade Total	-
Cloreto Total	250 mg/L ⁽¹⁾
Cobalto Total	0,05 mg/L Co ⁽¹⁾
Coliformes Termotolerantes	<1000 /100MI ⁽¹⁾
Condutividade Elétrica	-
Cor verdadeira	até 75 mg Pt/L ⁽¹⁾
Cromo total	0,05 mg/L Cr ⁽¹⁾
Dureza Total	500 mg/L ⁽²⁾
Estanho	4 mg/l de Sn ⁽³⁾
Ferro Dissolvido	0,3 mg/L Fe ⁽¹⁾
Ferro Total	0,3 mg/L Fe ⁽²⁾
Fluoreto Total	1,4 mg/L F ⁽¹⁾
Fosfato	-
Oxigênio Dissolvido (OD)	não inferior a 5 mg/L O ₂ ⁽¹⁾
Sólidos Dissolvidos	500 mg/L ⁽¹⁾
Sólidos em Suspensão	-
Sólidos Sedimentáveis	-
Sulfato Total	250 mg/L SO ₄ ⁽¹⁾
Turbidez	Até 100 UNT ^{(1) (4)}
Vazão	-

⁽¹⁾ Valor máximo permitido segundo a Resolução CONAMA n. 357/2005 (rio classe 2);

⁽²⁾ Valor máximo permitido segundo a Portaria n. 2914/2011 do Ministério da Saúde;

⁽³⁾ Valor máximo permitido segundo a Resolução CONAMA n. 430/2011;

⁽⁴⁾ UNT: unidades nefelométrica de turbidez;

⁽⁻⁾ Não existe parâmetro legal para o indicador.

5 REALIZAÇÃO DA AMOSTRAGEM

Para águas superficiais, a metodologia de coleta e manuseio das amostras segue os critérios definidos nas NBR 9897:1987 e 9898:1987. As amostragens serão realizadas entre 15 - 30 cm abaixo da superfície da água, evitando-se a coleta em áreas estagnadas ou em locais próximos a margem. A amostra então é coletada mergulhando o frasco de coleta apropriado, de forma que o mesmo fique voltado contra corrente no líquido a ser amostrado.

6 MANUSEIO DAS AMOSTRAS

6.1 PRESERVAÇÃO E TRANSPORTE

Os tipos de frascos, método de preservação, prazo para análise e volume mínimo necessário de amostra de água seguem conforme Quadro 03 (Guia de Coleta e Preservação de Amostras).

Quadro 03 – Guia de Coleta e Preservação de Amostras.

Indicador	Frasco de Coleta	Volume de Amostra (mL)	Preservação/Estocagem	Prazo para Análise
Acidez	P, V	100	Refrigerar a 4°C	24 horas
Alcalinidade Total ^(a)	P, V	150	Refrigerar a 4°C	24 horas
Cloretos	P, V	250	-	7 dias
Cobalto	-	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	-	-	-	-
Condutividade Elétrica	P, V	500	Refrigerar a 4°C	
Cor verdadeira	P, V	300	Refrigerar a 4°C	48h
Cromo total	-	-	-	-
Dureza Total	P, V	100	HNO ₃ conc. até pH < 2. Refrigerar a 4°C	180 dias
Estanho	-	-	-	-
Ferro Dissolvido	-	-	-	-
Ferro Total	-	-	-	-
Fluoretos	P	1000	-	28 dias
Fosfato	V	100	HNO ₃ conc. até pH < 2. Refrigerar a 4°C 2mL sol.	24h
Oxigênio Dissolvido (OD)	V ^(b)	300	sulfatomanganoso e 2 mL sol. álcali iodeto-azida	8h
pH	P, V	200	Refrigerar a 4°C	6h
Sólidos Dissolvidos	-	-	-	-
Sólidos em Suspensão	-	-	-	-
Sólidos Sedimentáveis	-	-	-	-
Sulfato	P, V	300	Refrigerar a 4°C	7 dias
Turbidez	P, V	200	Refrigerar e manter ao abrigo da luz	24h
Vazão	-	-	-	-

^(a) Evitar a aeração da amostra. Encher completamente o frasco, sem deixar bolhas de ar. Fechá-lo imediatamente e abri-lo somente no momento da análise. Nos casos de atividade biológica evidente, a amostra deve ser analisada dentro de 6 h;

^(b) Utilizar frasco de vidro borossilicato com tampa esmerilhada e estreita (pontaguda), com selo d'água. Imersar a ponta da pipeta no líquido ao adicionar os preservantes;

(-) Não existe especificação sobre o procedimento;

P: Polietileno;

V: Vidroborossilicato.

As amostras de água, devidamente preservadas, serão colocadas em caixa térmica contendo gelo e transportadas até o laboratório. Tendo em vista a distância do local de amostragem ao laboratório, as amostras serão coletadas no período da manhã e levadas para o laboratório no período da tarde.

6.2 REGISTRO DOS DADOS DE CAMPO

Todas as observações de campo necessárias para interpretação dos resultados devem ser mencionadas na Ficha de Coleta, seja em relação ao procedimento de coleta, condição de funcionamento dos equipamentos, condições do meio de amostragem e ambientais.

6.3 ENTREGA DAS AMOSTRAS AO LABORATÓRIO

As amostras coletadas devem ser entregues ao laboratório juntamente com as Fichas de Coleta.

7 MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA A AMOSTRAGEM

Os materiais necessários para a realização da coleta e manuseio de amostra devem ser conferidos anteriormente à saída de campo.

- Mapas e demais informações dos pontos de coleta;
- Equipamentos para execução da amostragem:
 - Frascos de coleta;
 - Coletor de inox com cabo;
- Equipamentos para caracterização do ponto de coleta: Câmera Digital, GPS;
- Material de registro dos dados de campo:
 - Ficha de coleta;
 - Caneta;
 - Prancheta.

- Caixa térmica com gelo para acondicionamento e transporte das amostras;
- Água e papel toalha para limpeza dos equipamentos;
- Materiais de segurança ocupacional e EPI's:
 - Chapéu;
 - Colete salva-vidas;
 - Luva;
 - Macacão;
 - Bota;
 - Protetor solar,
 - Outros;

8 FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM

8.1 ÁGUAS SUPERFICIAIS

O monitoramento da água deverá ser feito semestralmente em pontos fixos a fim de se analisar a quantidade (vazão) e qualidade dos recursos hídricos. Este acompanhamento deverá levar em consideração os padrões físicos, químicos e microbiológicos da qualidade da água.

Deverá ser feito, também, o acompanhamento do sedimento do fundo, visando a detecção de indícios de assoreamento.

9 TRATAMENTO DOS DADOS BRUTOS

A etapa seguinte inclui a tabulação dos dados; os cálculos e análise crítica para controle interno da qualidade. Após correlação de resultados analíticos aos dados de campo, expressos na Ficha de Coleta, o Relatório de Análises é elaborado.

Na ocorrência de uma não conformidade, uma reanálise ou mesmo nova coleta será realizada.

ANEXO 01

Carta Imagem de Avaliação Ambiental



LEGENDA

-  Floresta nativa
-  Área degradada (31.8888 ha)
-  Qualidade II água (113.8221 ha)
-  Qualidade I água
-  Clorofila a (microfitococlos)



Escala 1:8.000



Carta Inspecção de Avaliação Ambiental			
Local	Realizado	Elaborado	Assinado
Área de Proteção Ambiental de São Paulo	Estado de São Paulo	CEMATERIA	
Parque do Sítio	Parque do Sítio		
Geógrafos J&M 2019	Parque	1:8.000	ESPECIA

ANEXO 02
Laudo Técnico – 2007



COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DE RONDÔNIA
GERÊNCIA DE PRODUÇÃO CONTROLE DE QUALIDADE
RESULTADOS DE EXAMES

INTERESSADO:		BAIRRO:	
ENDEREÇO		FONE:	
MUNICÍPIO :			
DADOS SOBRE A AMOSTRA			
LOCAL DA COLETA:	BOM FUTURO - - AMOSTRA -10		
ORIGEM DO MANANCIAL:	-	TRATAMENTO:	
DATA DA COLETA: 27/02/07	ENTR. NO LAB: 27/02/07	CHUVA NAS 24 H: ?	-
HORA DA COLETA: -	TEMP. DO AR: - C°	TEMP. DO AGUA: - C°	
ASPECTO: L. TURVO	ODOR: AUSENTE	CL ₂ RESIDUAL: -	MG/L
COLETOR:			
EXAMES FÍSICO QUÍMICOS Nº 612/07			
1- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E ORGANOLÉPTICAS			
Determinações	Valores encontrados	VMP^(*) Portaria Nº 518, do MS de 25.03.2004	Expresso como
ASPECTO	L.TURVO	-	-
COR	50,0	15	Mg de Pt/l
ODOR	AUSENTE	Não objetável	-
PH	6,14	6,0 a 9,5	-
TURBIDEZ	14,3	5	UNT
2 – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS			
Determinações	Valores encontrados	VMP^(*) Portaria Nº 518, do MS de 25.03.2004	Expresso como
CLORETO	1,00	250	mg/l de Cl ⁻
FERRO TOTAL	0,22	0,3	mg/l de Fé
SULFATO	2,28	250	Mg/l de SO ₄ ⁻
OXIGÊNIO CONSUMIDO	0,4	-	mg/l de O ₂
DUREZA TOTAL	0,0	500	mg/l de CaCO ₃
DUREZA EM Ca	0,0	-	mg/l de CaCO ₃
DUREZA EM Mg	0,0	-	Mg/l
SÓLIDOS TOTAIS	-	1000	
NITROGÊNIO NITRITO	0,0	1	mg/l N
NITROGÊNIO NITRATO	1,04	10	
CO ₂ LIVRE	17	-	Mg/l de CO ₂
CONDUT. ESPECÍFICA A 25°	51,8	-	µ S/cm
ALCALINIDADE OH ⁻	0,0	-	mg/l de CaCO ₃
ALCALINIDADE CO ₃ ⁻	0,0	-	mg/l de CaCO ₃
ALCALINIDADE HCO ₃ ⁻	10,0	-	mg/l de CaCO ₃
EXAMES BACTERIOLÓGICOS 612 /07			
Valores encontrados			VMP^(*) Portaria Nº 518, do MS de 25.03.2004
1- CONTAGEM PADRÃO DE BACTÉRIAS: >500 UFC/ ml a 35 °C 24 Hs			< 500
2- Nº MAIS PROVÁVEL DE COLIFORMES TOTAIS (NMP/100ml): 94			Ausência em 100 ml
3- Nº MAIS PROVÁVEL DE C. TERMOTOLERANTES (NMP/100ml): 94			Ausência em 100 ml
4- Nº DE COLÔNIAS NA MEMBRANA FILTRANTE (NCMF/100ml): -			Ausência em 100 ml
5- BACTÉRIAS IDENTIFICADAS: PRESENÇA DE C. TOTAIS E COLIFORMES TERMOTOLERANTES			
6- MÉTODO (S) UTILIZADOS (S): COLIMETRIA			
ANALISTA:			

CONCLUSÃO: Água insatisfatória, em desacordo com a Portaria 518 do Ministério da Saúde de 25.03.2004.

(* VMP) Valor Máximo Permitido; (-) Não tem valor especificado na legislação.