CARLOS EDUARDO SILVA MELO

Avaliação das práticas de recuperação ambiental na mineração de bauxita no
planalto de Poços de Caldas e proposta de aprimoramento

São Paulo

2020

CARLOS EDUARDO SILVA MELO

Avaliação das práticas de recuperação ambiental na mineração de bauxita no
planalto de Poços de Caldas e proposta de aprimoramento

Versão Corrigida

Dissertação de mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Mineral da Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo, para a obtenção do título de
mestre em Ciências.

Área de Concentração: Engenharia ambiental,
higiene e segurança aplicadas à mineração

Orientador: Prof. Dr. Luis Enrique Sánchez

São Paulo

2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, _____ de _____ de _____

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

Melo, Carlos Eduardo Silva

Avaliação das práticas de recuperação ambiental na mineração de bauxita no planalto de Poços de Caldas e proposta de aprimoramento / C. E. S. Melo -- versão corr. -- São Paulo, 2020.

92 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.

1.REABILITAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS 2.MINERAÇÃO DE BAUXITA (POÇOS DE CALDAS, MG) 3.MONITORAMENTO AMBIENTAL (AVALIAÇÃO) I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo II.t.

Nome: MELO, Carlos Eduardo Silva

Título: Avaliação das práticas de recuperação ambiental na mineração de bauxita no planalto de Poços de Caldas e proposta de aprimoramento

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de mestre em Ciências.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Profa. Dra. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me abençoado tanto nessa vida, fornecendo saúde física e mental para que eu fosse capaz de correr atrás de todos os meus objetivos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Luis Enrique Sánchez, por dividir um pouco do seu imenso conhecimento comigo, pela orientação, explicações e sugestões para a realização do presente trabalho.

Aos meus pais, Marcelo e Maria Angélica, por todo o apoio fornecido ao longo da minha vida, não poupando recursos financeiros e emocionais para que meu desenvolvimento pessoal e profissional ocorressem da melhor maneira possível. Amo vocês.

À Rafaela, que entrou na minha vida em um momento que o foco nos estudos estava perdido, tornando-se uma grande companheira nos últimos sete anos, presente nos momentos bons e ruins, com muita paciência, amor e respeito.

Aos meus irmãos e outros membros da família, que sempre realizaram tudo o que lhes cabia da melhor maneira possível.

Aos meus verdadeiros amigos, por estarem sempre ao meu lado, me fornecendo energia e alegria para a vida.

Aos professores, colegas e funcionários do PMI, que contribuíram de alguma forma para o meu aprendizado e amadurecimento profissional.

Ao Lúcio, Luiz Renato, Renato, Haroldo, Maria, Paula, Carlos e demais membros das empresas parceiras no desenvolvimento deste trabalho, que contribuíram com seus conhecimentos e me deram liberdade para acompanhar as atividades dentro de seus setores de trabalho.

RESUMO

MELO, Carlos Eduardo Silva. **Avaliação das práticas de recuperação ambiental na mineração de bauxita no planalto de Poços de Caldas e proposta de aprimoramento**. 2020. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Minas) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

A mineração de bauxita no planalto de Poços de Caldas ocorre desde os anos de 1940 e foi pioneira no país em reabilitação de áreas degradadas, que vem sendo executada desde o início dos anos de 1980, empregando diferentes procedimentos de reconformação topográfica, implantação de sistemas de drenagem de águas pluviais, preparo do solo e plantio de vegetação. O presente trabalho tem como objetivo principal avaliar as práticas de recuperação ambiental na mineração de bauxita empregadas na região, com o intuito de identificar possíveis deficiências, investigar prováveis causas dessas deficiências e, caso necessário, propor medidas de aprimoramento. Foram selecionadas áreas com diferentes idades de reabilitação. As práticas adotadas em minas recentemente reabilitadas e em fase final de operação foram avaliadas por meio de um procedimento de identificação dos problemas, baseado em observações de campo, análise de documentos e entrevistas. Foram entrevistados técnicos de empresas de mineração, funcionários dos órgãos ambientais reguladores e os proprietários dos imóveis rurais. Alguns resultados insatisfatórios foram encontrados quanto a: terraceamento do solo, sistemas de drenagem, deslizamento de blocos, análises do solo, preparo do solo, plantio da vegetação e monitoramento da área recuperada. Medidas de aprimoramento são propostas. Verificou-se que uma aplicação mais rigorosa de boas práticas, mesmo que mais complexa e trabalhosa, pode resultar em economias futuras, pois dispensa a necessidade de realização dos procedimentos novamente, além de cumprir com a sua obrigação perante os proprietários das áreas e os órgãos reguladores.

Palavras-chave: Mineração. Reabilitação de áreas degradadas. Avaliação. Monitoramento. Reconformação topográfica. Revegetação.

ABSTRACT

MELO, Carlos Eduardo Silva. **Evaluation of environmental rehabilitation practices in the bauxite mining at the plateau of Poços de Caldas**. 2020. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Minas) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

Bauxite mining has been carried out around Poços de Caldas, Minas Gerais, since the 1940s. Companies operating in the region pioneered land rehabilitation in Brazil, conducted since the early 1980s. Different procedures of recontouring, runoff drainage, soil preparation and vegetation planting were employed. This research aims to evaluate current environmental rehabilitation practices employed in the region, in order to identify possible deficiencies, investigate probable causes of these deficiencies and prevent recurrence of failures, thus avoiding rework and additional costs to deliver outcomes satisfactory to land owners. Areas with different ages of rehabilitation were studied. The practices adopted in recently rehabilitated mines and in the final phase of operation were evaluated through a problem identification procedure, based on field observations, document analysis and interviews. Some unsatisfactory results were found related to contouring, drainage systems, block sliding, soil sampling, soil preparation, planting of vegetation and monitoring of the rehabilitated area. Improvements are proposed, on the basis of recommended good practices, that even if more complex and laborious, can result in future savings, as they enable, in addition to avoiding rework, the fulfillment of contractual obligations to landowners and regulatory bodies.

Keywords: Mining. Rehabilitation of degraded areas. Evaluation. Monitoring. Topographic reconfiguration. Revegetation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização do município de Poços de Caldas em Minas Gerais.	23
Figura 2 – Extração e carregamento de bauxita em uma mina na região.	24
Figura 3 – Método de Lavra de bauxita comumente empregado em Poços de Caldas.	25
Figura 4 – Reconformação topográfica da área. O material de coloração escura é o solo superficial decapeado e armazenado no início da lavra, sendo espalhado na etapa de reconformação.	26
Figura 5 – Mudas de eucalipto após 4 meses da ocorrência do plantio.	27
Figura 6 – Sulco de erosão em área recuperada para a pastagem de gado bovino.	28
Figura 7 – Ocorrência de escorregamento em talude de corte remanescente em mina de bauxita exaurida.	28
Figura 8 – Poligonal onde se encontra a Mina 1.	33
Figura 9 – Poligonal onde se encontra a Mina 2.	34
Figura 10 – Poligonal onde se encontra a Mina 3.	35
Figura 11 – Poligonal onde se encontra a Mina 4.	36
Figura 13 – Retroescavadeira realizando o carregamento do caminhão com o top soil armazenado em uma localidade dentro da própria mina (a) e trator de esteiras espalhando os montes de top soil na mina (b).	43
Figura 14 – Terraceamento em todo o terreno (a) e feições erosivas em grande parte da principal via de acesso da mina (b).	43
Figura 15 – Trator de esteiras gradeando o solo anteriormente à preparação para o plantio (a) e mina após a finalização da etapa de gradeamento (b).	44
Figura 16 – Funcionários desenvolvendo a calagem manualmente na mina. A metodologia de aplicação é a mesma empregada para a adubação, Húmus e plantio da semente (a) e imagem da mina após a etapa de calagem ser finalizada (b).	44
Figura 17 – Fertilizante empregado para adubação do solo na mina (a) e húmus empregado juntamente com o fertilizante para a correção do solo (b).	46
Figura 18 – Sementes utilizadas na revegetação da área (a) e funcionários rastelando a área para otimizar a homogeneização da semente aos outros componentes aplicados ao solo (b).	46

Figura 19 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) e imagem detalha o desenvolvimento desigual da vegetação em diversas localidades da área (b).....	48
Figura 20 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) imagem detalha o desenvolvimento desigual da vegetação em diversas localidades da área (b).....	48
Figura 21 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) e imagem detalha o desenvolvimento desigual da vegetação em diversas localidades da área (b).....	49
Figura 22 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) imagem detalha o desenvolvimento desigual da vegetação em diversas localidades da área (b).....	49
Figura 23 – Sulco de erosão e má formação da vegetação em diversos locais do futuro pasto bovino.	50
Figura 24 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) imagem detalha o desenvolvimento desigual da vegetação em diversas localidades da área (b).....	50
Figura 25 – Plantação de eucalipto com espaçamento de 3 x 3 metros (a) e processos erosivos detectados na principal via de acesso à plantação (b).	51
Figura 26 – Mina “Fazenda Tamoio” após a exaustão da jazida mineral (a) e momento em que o trator de esteiras realizava a reconformação do terreno e deslocava os blocos maiores para a parte inferior da mina (b).	52
Figura 27 – Topografia final do terreno antes da etapa do plantio (a) e funcionários abrindo as covas onde serão inseridos os insumos e posteriormente a muda (b). ...	53
Figura 28 – Aplicação do húmus e do fertilizante nas covas (a) e plantio das mudas de Eucalipto (b).	53
Figura 29 – Funcionários da empresa aplicando o inseticida com bombas pulverizadoras (a) e recipientes do herbicida, inseticida e óleo mineral empregados, respectivamente (b).....	54
Figura 30 – Escoamento de água causou danos em diversos pontos da área (a) e alguns blocos de rochas deslizaram até a parte inferior da mina, local onde também foram formadas diversas poças d’água e inviabilizando a passagem (b).	54

Figura 31 – Ocorrência de escorregamentos em talude na via principal de acesso à área (a) e único registro fotográfico de acompanhamento da plantação, ocorrido em dezembro de 2016 (b).	55
Figura 32 – <i>Top Soil</i> proveniente de outra região para o acerto da mina (a) e trator de esteiras espalhando os montes de top soil na mina (b).	58
Figura 33 – Configuração após o espalhamento do material e implantação das curvas de nível (a) e feições erosivas em grande parte da principal via de acesso da mina (b).	59
Figura 34 – Trator de esteiras gradeando o solo anteriormente à preparação para o plantio.....	60
Figura 35 – Funcionários desenvolvendo a calagem manualmente na mina (a) e imagem da mina após a etapa de calagem ser finalizada (b).	60
Figura 36 – Desenvolvimento de capim na área de plantio do Eucalipto (a) e preparo da cova para plantio (b).....	61
Figura 37 – Mudas de Eucalipto formadas no viveiro da empresa (a) e abertura da cova para o plantio (b).....	62
Figura 38 – Muda de Eucalipto e cova preparada para o plantio (a) e plantio manual da muda de Eucalipto (b).	62
Figura 39 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) e mudas de Eucalipto mortas no meio da plantação (b).	64
Figura 40 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) e funcionários roçando as covas e realizado o replantio onde as mudas estavam mortas (b).....	64
Figura 41 – Aplicação de fertilizante após 60 dias do plantio (a) e alagamento impedindo a passagem de veículos na principal via de acesso (b).....	65
Figura 42 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) e mudas de Eucalipto mortas no meio da plantação (b).	65
Figura 43 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) e diversas ruas intercalam árvores com o desenvolvimento satisfatório e outras que não vingaram (b).	66
Figura 44 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) e ruas inteiras de árvores que não vingaram e não foi realizado o replantio (b).	66
Figura 45 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) e ruas inteiras de árvores que não vingaram e não foi realizado o replantio (b).	67

Figura 46 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) e Imagem detalha o desenvolvimento desigual da vegetação em diversas localidades da área (b).....	68
Figura 47 – Mina “Mareca” após a exaustão da jazida mineral.....	69
Figura 48 – Momento em que o trator de esteiras realizava o terraceamento do terreno (a) e trator de esteiras espalhando o top soil retirado anteriormente e que estava armazenado na própria mina (b).....	70
Figura 49 – Trator gradeando o solo anteriormente à preparação para o plantio (a) e calcário, fertilizante e semente homogeneizados na calchadeira para a aplicação (b).....	70
Figura 50 – Trator com a calchadeira acoplada espalhando a mistura homogeneizada (a) e imagem do solo após a aplicação (b).	71
Figura 51 – Único registro fotográfico de acompanhamento da vegetação, ocorrido em janeiro de 2018.....	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais informações encontradas no PRAD, no RCA/PCA e no Relatório de Monitoramento..	38
Quadro 2 – Algumas perguntas que compõem as entrevistas.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAF – Autorização Ambiental de Funcionamento

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANM – Agência Nacional de Mineração

CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CFEM – Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais

COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

LOC – Licença de Operação Corretiva

MMA – Ministério do Meio Ambiente

PCA – Plano de Controle Ambiental

PRAD – Plano de Recuperação de Áreas Degradadas

RAD – Recuperação de Áreas Degradadas

RCA – Relatório de Controle Ambiental

SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

SER – Society for Ecological Restoration (Sociedade Internacional para a Restauração Ecológica)

SISEMA – Sistema Estadual de Meio Ambiente

SOBRADE – Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas

SUPRAM – Superintendência Regional de Meio Ambiente

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS	16
2. REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1. CONCEITOS BÁSICOS	18
2.1.1. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	18
2.1.2. RECUPERAÇÃO	19
2.1.3. REABILITAÇÃO	19
2.1.4. RESTAURAÇÃO	20
2.2. O PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	20
2.2.1. Práticas de Planejamento	20
2.2.2. Práticas Operacionais.....	21
2.2.3. Práticas de Gestão	22
2.3. A MINERAÇÃO DE BAUXITA EM POÇOS DE CALDAS – MG.....	22
2.4. ESTUDOS DESENVOLVIDOS NA REGIÃO	29
2.5. MONITORAMENTO DE ÁREA REVEGETADA	30
3. MATERIAIS E MÉTODOS	32
3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	32
3.2. ÁREAS DE ESTUDO	32
3.2.1. MINA 1	33
3.2.2. MINA 2	34
3.2.3. MINA 3	35
3.2.4. MINA 4	35
3.3. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DAS PRÁTICAS EMPREGADAS	37
3.3.1. OBSERVAÇÕES DE CAMPO	37
3.3.2. ANÁLISE DE DOCUMENTOS.....	38
3.3.3. ENTREVISTAS	40
3.4. IDENTIFICAÇÃO E INVESTIGAÇÃO DAS EVIDÊNCIAS	41
3.5. PROPOSTA DE APRIMORAMENTO DAS PRÁTICAS EMPREGADAS PELAS EMPRESAS	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	42
4.1. MINA 1	42

4.1.1.	Reconformação topográfica.....	42
4.1.2.	Gradeamento	43
4.1.3.	Preparo do Solo e Plantio	45
4.1.4.	Acompanhamentos	47
4.2.	MINA 2	51
4.2.1.	Visita Técnica	51
4.2.2.	Relatório de Monitoramento	52
4.2.3.	Análise química	56
4.2.4.	Análise de documentos	56
4.3.	MINA 3	58
4.3.1.	Reconformação topográfica.....	58
4.3.2.	Gradeamento	59
4.3.3.	Preparo do Solo e Plantio	60
4.3.4.	Acompanhamentos	63
4.4.	MINA 4	68
4.4.1.	Visita Técnica	68
4.4.2.	Relatório de Monitoramento	68
4.4.3.	Análise química	72
4.4.4.	Análise de documentos	72
4.5.	ENTREVISTAS	73
4.5.1.	Representante da Empresa 1	73
4.5.2.	Representante do órgão ambiental responsável pela fiscalização 1	74
4.5.3.	Proprietário do imóvel rural 1	77
4.5.4.	Representante da Empresa 2	78
4.5.5.	Representante do órgão ambiental responsável pela fiscalização 2	79
4.5.6.	Proprietário do imóvel rural 2	81
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	83
	REFERÊNCIAS.....	86
	APÊNDICES	92

1. INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

É indiscutível a necessidade da mineração para o desenvolvimento da sociedade em geral. Os minérios são empregados de forma abrangente em diversas áreas, como: construção civil, agricultura, equipamentos científicos, indústrias de cerâmicas, usinas nucleares, entre diversas outras. Todavia, desde os primórdios da mineração, os mecanismos de extração e beneficiamento não visavam diminuir os impactos gerados, trazendo consequências negativas para o meio ambiente, gerando alterações e danos na sua forma original. Portanto, para que se evite o risco de que a destruição seja maior que os benefícios obtidos, as atividades minerárias devem utilizar técnicas adequadas nesses procedimentos (Cardozo, 2006).

Embora atividades de recuperação de áreas degradadas (RAD) venham sendo realizadas por uma das empresas de mineração da cidade há pelo menos quatro décadas, demonstrar e comunicar seus resultados de maneira cientificamente sólida e socialmente relevante ainda não ocorrem completamente da maneira correta (Lamb, Erskine, Fletcher, 2015).

De acordo com a Society for Ecological Restoration (SER, 2004), a reabilitação de uma área degradada é entendida como qualquer forma de restabelecimento da vegetação, desde a restauração ecológica até a cobertura de vegetação de baixa diversidade, desde que segura, estável e sustentável para o futuro uso pretendido da terra.

No passado, a recuperação ambiental era tida como uma medida a ser tomada posteriormente ao encerramento da produção em uma mina. Já nos dias atuais, entende-se que a recuperação deve ser planejada antes da abertura de uma mina (Burton et al., 2012), e pode, em grande parte dos casos, ser implementada ao longo do seu período de operação (Neri e Sánchez, 2012).

O sucesso da recuperação ambiental na mineração depende de um conjunto de fatores, desde um satisfatório planejamento até a adequada implementação das medidas planejadas e avaliação de resultados ao longo da fase operacional de uma mina. É fundamental que seja feita uma conexão de três grupos de práticas: de planejamento, operacionais e de gestão (Sánchez, 2007).

Este conjunto de práticas executadas de maneira eficaz é necessário para minimizar ou, se possível, eliminar o passivo ambiental de um empreendimento mineiro. Além de reduzir a exposição da empresa a riscos gerados por ações administrativas ou judiciais, contribui para uma imagem positiva da empresa, possivelmente facilitando o licenciamento e a aceitação social de novos projetos (Sánchez, 1992b).

De acordo com Moreno (2015), na mineração de bauxita, particularmente, é priorizada a recuperação das minas com programas de revegetação ou reabilitação. A revegetação visa o reestabelecimento da cobertura vegetal independente da cultura escolhida para o desenvolvimento desse procedimento; enquanto a reabilitação, de forma geral, busca aprimorar as características do ecossistema sem necessariamente retornar todas as condições anteriores à atividade minerária (Aronson et al., 2011). Uma das técnicas mais empregadas nos dias atuais para atividades de RAD na mineração bauxita envolve a utilização do *top soil*, obtido anteriormente ao estabelecimento das minas. Estudos recentes mostram que o uso do *top soil* está diretamente relacionado a melhorias na fertilidade do solo, na produtividade e na diversidade vegetal (Moreira, 2004).

Entretanto, as atividades de RAD nem sempre têm seus resultados avaliados. Os procedimentos mais adotados para avaliar os resultados dos programas de RAD têm enfoque em dois grupos de parâmetros: qualidade do solo ou do substrato e características da vegetação estabelecida no sítio recuperado (Almeida e Sánchez, 2015), mas nem sempre são empregados sistematicamente pelas empresas ou exigidos pelos órgãos ambientais.

O presente trabalho tem como objetivo principal avaliar as práticas de recuperação ambiental na mineração de bauxita no planalto de Poços de Caldas, com o intuito de identificar possíveis deficiências, investigar prováveis causas dessas deficiências e, dessa maneira, propor medidas de aprimoramento.

O desenvolvimento desta pesquisa é justificável tanto por parâmetros ambientais quanto econômicos. No tangente à perspectiva ambiental, esse estudo indicou recomendações para tornar a área em questão apta ao novo uso no período pós-mineração. De acordo com observações prévias, em algumas das minas ocorriam problemas frequentes, como: processos erosivos e escorregamentos de blocos gerados por uma errônea reconformação do terreno, o que com a chuva, resultava em uma deficiência nos sistemas de drenagens; incorreto preparo do solo

para cultivo e, por esse fato, um plantio muitas vezes ineficaz da espécie previamente escolhida. Tais situações em sua ocorrência geram grandes prejuízos econômicos para a empresa, pois na maioria dos casos o procedimento enseja à repetição, muitas vezes por reclamação dos proprietários da área ou até mesmo por fiscalizações geradas por denúncias.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste tópico serão apresentados conceitos fundamentais da literatura para o entendimento da problemática do trabalho, objetivos e resultados encontrados.

2.1. CONCEITOS BÁSICOS

2.1.1. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

A definição de degradação costuma ser associada aos efeitos caracterizados como negativos ou adversos e que ocorrem principalmente de ações ou intervenções humanas. Raramente o termo é empregado quando as alterações resultam de fenômenos ou processos naturais. O conceito é muito abrangente, possui definições que mudam de acordo com a atividade em que esses efeitos são gerados e em função do campo de conhecimento em que são identificados e avaliados (Bitar, 1997).

De acordo com Willians (1990) “a degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas; a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada; e a qualidade e regime de vazão do sistema hídrico forem alterados”, tal definição foi especialmente relacionada à mineração. Dessa forma, a degradação do solo é resultante de processos ambientais que culminam na improdutividade do solo ou no declínio da qualidade ambiental (Sánchez, 1992b).

No contexto urbanístico, da questão ambiental relacionada às cidades e do local construído, a concepção de degradação está diretamente relacionada à perda da função urbana e dos mecanismos de utilização do solo contidos nessa área, tanto

em termos das condições primárias quanto as que foram estabelecidas em diretrizes de planejamento (Bitar, 1997).

Dessa forma, fica nítido que a definição de degradação é complementar e não consensual. Em grande parte dos casos está relacionada com alterações negativas do ambiente acarretadas por ações humanas.

2.1.2. RECUPERAÇÃO

A Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas (SOBRADE) recomendou os termos recuperar e restaurar como os mais aptos para abordar e conceituar o tema de recuperação de áreas degradadas (Almeida, 2002). Balensiefer (1998) e Williams (1990) conceituam recuperação de forma muito semelhante, dando ênfase ao todo que esse processo está diretamente relacionado a um retorno da área degradada a condições de utilização, mediante um plano definido para o uso do solo.

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 1990) também aborda recuperação como o retorno da localidade degradada a uma forma e utilizada de acordo com o que foi pré-estabelecido para o uso do solo. Garante, portanto, que a área em questão alcançará condições estáveis em conformidade com os valores ambientais, estéticos e sociais.

2.1.3. REABILITAÇÃO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1999) definiu reabilitação como o conjunto de procedimentos empregados no retorno da função produtiva da área ou dos processos naturais, com o intuito de adequá-la para o futuro uso (Neri e Sánchez, 2012).

Segundo Lamb e Gilmour (2003), a reabilitação é caracterizada pelo restabelecimento da estrutura, da produtividade e de uma parte, não necessariamente toda, da diversidade animal e vegetação originalmente existente no local.

2.1.4. RESTAURAÇÃO

A restauração é entendida como o restabelecimento, por completo, da estrutura, produtividade e diversidade de espécies da floresta original (Lamb e Gilmour, 2003). Ao longo do processo, as funções ecológicas da área em questão devem se assemelhar às da floresta original. Para isto, é necessária a existência de espécies vegetais e animais remanescentes, que funcionem como um sistema de referência para a avaliação da restauração da área (Moraes, Campello e Franco, 2010).

Munshower (1994) também utiliza o termo restauração para se referir ao retorno da área degradada para as mesmas condições ecológicas que eram encontradas na região antes da ocorrência da degradação.

2.2. O PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

A RAD compõe o ciclo de uma atividade minerária, sendo necessário o seu planejamento de maneira compatível e em conjunto com as demais atividades desenvolvidas nas sucessivas fases da vida de uma mina. A RAD, juntamente com a desativação do empreendimento, são ações que devem ser planejadas desde a fase de planejamento, ou seja, a partir do momento em que já se tenciona a abertura de uma mina. Para as minas que começaram a operar décadas antes dessa exigência legal, é necessário que se adaptem às obrigatoriedades legais, mesmo durante a fase de operação (Dias, 1998).

Todas as atividades que se relacionem ao procedimento de RAD necessitam ser desenvolvidas e aplicadas em todas as fases da vida do empreendimento mineiro, necessitando de monitoramento com o intuito de se corrigir e atualizar o que for considerado importante durante a fase de operação.

2.2.1. Práticas de Planejamento

O planejamento da RAD parte do fato que a atividade mineira é uma forma de uso temporário do solo, de modo que, ao fim do empreendimento, as áreas afetadas devem estar aptas para que possam ser utilizadas novamente por outras atividades.

Segundo Neri e Sánchez (2012), as atividades de planejamento de RAD são compostas por:

- a) Preparação de um plano de recuperação de áreas degradadas durante a fase inicial de planejamento do empreendimento mineiro (planejamento de lavra, estudos ambientais), com atualizações periódicas durante a operação; em conformidade com possíveis modificações do plano de lavra;
- b) Estimativa de custos de recuperação e de desativação, inserindo também uma eventual apresentação de garantias financeiras ou de provisões contábeis.

2.2.2. Práticas Operacionais

As práticas operacionais podem ser classificadas em quatro grupos: práticas edáficas, práticas topográficas e geotécnicas, práticas hídricas e práticas ecológicas.

As práticas edáficas são aquelas nas quais o seu emprego está relacionado basicamente com o manejo e proteção do solo. Esse grupo de práticas abrange a remoção seletiva de solo superficial, ações de prevenção de contaminação por produtos químicos e de prevenção da erosão, entre outras (Almeida e Sánchez, 2015).

As práticas topográficas e geotécnicas englobam a reconformação do terreno que foi afetado pela atividade minerária, incluindo pilhas de estéril, minério, bancadas de escavação e os acessos utilizados para o trânsito no interior da mina. As práticas geotécnicas possuem o intuito de garantir a estabilidade física do terreno, enquanto as práticas topográficas visam inserir a área em questão de uma forma que não cause impactos desarmônicos em seu entorno, ou que possa estabelecer características próximas a do ambiente anterior à mineração.

As práticas hídricas, como se pode imaginar, são responsáveis pela conservação das características das águas superficiais e subterrâneas da área, tanto em termos de quantidade como em qualidade. A coleta, o transporte e o lançamento das águas pluviais são parâmetros de fundamental importância para a estabilidade física do terreno recuperado, assim como para a proteção dos recursos hídricos superficiais (Sánchez, 2010).

Por último, as práticas ecológicas são aquelas relacionadas com o manejo de vegetação e fauna. Estes são parâmetros fundamentais no desenvolvimento da área

futura, visam o estabelecimento de uma comunidade vegetal na localidade da mina ou no seu entorno.

2.2.3. Práticas de Gestão

Essas práticas serão responsáveis por monitorar e gerir as práticas operacionais, que não atingirão os objetivos determinados no planejamento caso esse controle não aconteça da maneira correta. Esta é a fase da RAD que ocorre a maior parte das negligências, mas é fundamental para o seu sucesso. Inclui os seguintes requisitos (Sánchez, 2010):

- conhecimento e consideração dos pontos de vista da comunidade;
- orientação técnica especializada para os trabalhos a serem executados;
- capacitação técnica da equipe envolvida (do gerente ao pessoal operacional);
- provisão de recursos (humanos, físicos, financeiros);
- acompanhamento, monitoramento, registro e documentação.

Com o correto gerenciamento de todos os aspectos citados, é possível monitorar para que todas as práticas empregadas sejam as ideais para as características do empreendimento.

2.3. A MINERAÇÃO DE BAUXITA EM POÇOS DE CALDAS – MG

O município de Poços de Caldas (Figura 1) é caracterizado por ser uma região montanhosa, com altitude média de 1.300 metros, clima subtropical úmido, temperatura média anual de 18,2 °C e pluviosidade média anual de 1.605 milímetros (Bizuti, 2017). Contém extensos depósitos de bauxita, gerados a partir de processos intempéricos atuando em rochas alcalinas. Esses depósitos são comumente encontrados nos topos de montanhas e nas meias encostas, em depósitos superficiais, descontínuos e de formatos irregulares (Cavalcante et al., 1979).

Figura 1 – Localização do município de Poços de Caldas em Minas Gerais.

Fonte: IBGE (2019).

Segundo Williams (2001), o primeiro registro da ocorrência de bauxita no planalto de Poços de Caldas ocorreu em 1919, quando o geólogo Derby liderava uma operação de estudos a respeito das rochas da região. A mineração de bauxita vem sendo feita na região de Poços de Caldas desde os anos de 1940. Já a recuperação de áreas mineradas vem ocorrendo de forma pioneira desde meados da década de 1980, antes mesmo da obrigatoriedade legal, datada em 1988 (Moreno, 2015).

De acordo com o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2018), o minério de alumínio movimentou mais de 11 milhões de reais no município em 2017, o que acarretou em uma arrecadação de Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) superior a 400 mil reais. Sucintamente, a mineração de bauxita na região é realizada em pequenas minas, que ocupam áreas de até 50 hectares (Figura 2), com escalas de produção entre 15.000 e 20.000 toneladas/mês, e vida útil entre 2 e 8 anos. O minério, de coloração escura, ocorre em camadas de 1 a 8 metros de espessura, sob capeamento de 0,5 a 1 metro de espessura.

Figura 2 – Extração e carregamento de bauxita em uma mina na região.

Fonte: Mineração Curimbaba (2017).

Posteriormente à fase de pesquisa mineral, ocorre a demarcação dos corpos que serão minerados e é iniciada a preparação para a lavra a céu aberto, onde acontece a supressão vegetal da área e o decapeamento. Esta etapa basicamente consiste na retirada do solo superficial, também chamado de *top soil*, da área em que ocorrerá a extração de minério (Barros, 2014). Posteriormente, é realizada a abertura das bancadas, delimitações das vias de acessos à mina e implementação dos sistemas provisórios de drenagens de águas pluviais. No momento em que essas etapas são concluídas, é iniciada a extração do minério, por meio de escavação mecânica com utilização de retroescavadoras ou pás carregadoras e transporte em caminhões convencionais. A lavra costuma ocorrer com avanço descendente, em função do que foi tecnicamente desenvolvido ao longo dos anos, baseado nas características geológicas e topográficas da região, além de proporcionar facilidade no momento da recuperação ambiental (Williams, 2001). A figura 3 detalha como ocorre o método de lavra de bauxita. Após o término da extração, têm início as atividades de RAD, que essencialmente consistem em reconformação do terreno (acerto da topografia e espalhamento do solo superficial, com a utilização do estéril anteriormente decapeado (Figura 4)), implantação do

sistema de drenagem definitivo e, por último a revegetação, mediante plantio da cultura acordada com o superficiário. Uma característica importante é que, em grande parte das vezes, a lavra é realizada em terrenos privados, sendo a área restituída ao proprietário depois de recuperada.

Figura 3 – Método de Lavra de bauxita comumente empregado em Poços de Caldas.

Fonte: Mineração Curimbaba (2016).

Figura 4 – Reconformação topográfica da área. O material de coloração escura é o solo superficial decapeado e armazenado no início da lavra, sendo espalhado na etapa de reconformação.

Fonte: Mineração Curimbaba (2017).

As três principais empresas que operam na região buscam a bauxita com determinadas características físicas e químicas. Com o passar dos anos, essas empresas vêm encontrando dificuldades em localizar grandes corpos minerais de bauxita, o que ocasionou no método de extração atual: operar em pequenas jazidas minerais. Consequentemente, a vida útil dessas jazidas é pequena em comparação com a mineração de outras substâncias minerais, o que acarreta em aberturas e fechamentos de diversas pequenas minas ao longo do ano. Portanto, atividades de recuperação de áreas degradadas ocorrem constantemente no planalto poços-caldense.

O objetivo da RAD nessa região geralmente é a restauração das características iniciais da propriedade rural. Os proprietários informam as empresas qual o intuito de utilização do solo após o término da mineração, orientando assim as atividades de RAD. Na maioria dos casos, os proprietários preferem que o terreno seja utilizado para o plantio de eucalipto (Figura 5) ou para pastagem de gado bovino.

Figura 5 – Mudas de eucalipto após 4 meses da ocorrência do plantio.

Fonte: CBA/ Votorantim Metais (2017).

Entretanto, algumas vezes os proprietários se mostram descontentes com os resultados da recuperação, como nos casos de não desenvolvimento das mudas de eucalipto. Observam-se também, em algumas áreas em recuperação, a ocorrência de feições erosivas (Figura 6) e de movimentação de massas (Figura 7).

Figura 6 – Sulco de erosão em área recuperada para a pastagem de gado bovino.

Fonte: CBA/ Votorantim Metais (2017).

Figura 7 – Ocorrência de escorregamento em talude de corte remanescente em mina de bauxita exaurida.

Fonte: CBA/ Votorantim Metais (2017).

Nesse contexto, observa-se a necessidade de obter informações cientificamente fundamentadas sobre os resultados das práticas de RAD que permitam avaliar os resultados ao longo do tempo e, caso sejam detectadas deficiências, propor medidas de aprimoramento dessas práticas.

2.4. ESTUDOS DESENVOLVIDOS NA REGIÃO

Diversas pesquisas sobre RAD no planalto de Poços de Caldas vem sendo desenvolvidas desde os anos de 1980. Dias (1983) apresentou as técnicas, procedimentos e resultados dos trabalhos de reabilitação das áreas mineradas de bauxita e analisou as práticas adotadas, novas técnicas de adubação, preparo para o plantio, e revegetação. Foi pioneiro em estudar os prováveis usos da área no período pós-mineração.

Williams (1985) apresentou um histórico com as técnicas empregadas na recuperação ambiental ao longo da década. Chama atenção para a preocupação ambiental, até então ofuscada, através de inovações nos métodos adotados e definições prévias do futuro uso das áreas para direcionar o planejamento de reabilitação. Ainda avalia o custo da reabilitação em relação ao valor empregado por tonelada de produção de óxido de alumínio, demonstrando que a reabilitação é viável, de baixo custo e com potencial para ser extremamente eficiente se desenvolvida da maneira adequada.

Weissberg (1995) selecionou áreas com diferentes idades de reabilitação, com o intuito de comparar as técnicas utilizadas, os resultados obtidos e o desenvolvimento da vegetação e dos solos. Desenvolveu um acompanhamento da evolução dos solos novos, para dessa maneira determinar os procedimentos mais apropriados para que o objetivo principal do trabalho fosse alcançado, ou seja, reintegrar as áreas mineradas à sua paisagem natural.

Moreira (2004) realizou uma avaliação das intervenções técnicas de manejo, verificou o efeito da subsolagem, da adição da camada superficial do solo, da correção da fertilidade do solo e da adubação verde na recuperação de áreas degradadas pela mineração, avaliada a partir do crescimento e desenvolvimento de espécies arbóreas.

Moreno (2015) avaliou se é necessário o uso de gramíneas exóticas para o recobrimento inicial do solo na recuperação de florestas tropicais em áreas de

mineração de bauxita, comparando a restauração florestal sem “tapete verde” e a restauração florestal com “tapete verde”. O método sem tapete verde alcançou resultados superiores e mais rapidamente, reduzindo também o custo com manutenção e manejo.

Bizuti (2017) avaliou a restauração de minas de bauxita, utilizando técnicas que viabilizaram o restabelecimento das condições físicas, químicas e microbiológicas do solo, constatando que a restauração florestal foi eficaz e que no decorrer de poucos anos já era possível notar a similaridade das áreas em recuperação com as do ambiente que antecedeu a atividade minerária. Na maioria dos casos, porém, esta autora observa que são detectados problemas, como: escorregamentos gerados por uma errônea conformação do terreno, o que com a chuva, resultava em uma deficiência nos sistemas de drenagem; incorreto preparo do solo para cultivo e, por esse fato, um plantio muitas vezes ineficaz da cultura previamente escolhida; entre outros.

2.5. MONITORAMENTO DE ÁREA REVEGETADA

Almeida (2002) define monitoramento como o conjunto de ações ou procedimentos indicados para avaliar o êxito ou desenvolvimento da recuperação de uma área degradada pela mineração. O monitoramento pode ser aperfeiçoado com o emprego de indicadores de desempenho ambiental, que possuem a competência de informar sobre os resultados obtidos com base nas ações desenvolvidas nas áreas degradadas. O intuito é determinar se metas traçadas estão sendo alcançadas, e se existem aspectos que necessitam ser ajustados ou reavaliados, e assim, definir o sucesso da recuperação.

Indicador ambiental pode ser definido como especificação ou conjunto de especificações que fornecem informações sobre o ambiente (MMA, 2018). Estas informações, no caso da revegetação, estão relacionadas à condução ou estado atual da implantação vegetal. Entre as inúmeras características importantes que um indicador necessita conter, o baixo custo de implementação, a simplicidade e a clareza são considerados fundamentais para selecioná-los (FEEMA, 1990).

Dentre os indicadores utilizados, os mais empregados estão relacionados ao crescimento quantitativo e qualitativo da vegetação, sendo definidos como indicadores de solo e de vegetação (Almeida, 2010). Os indicadores de solo estão

relacionados à sua capacidade de trabalhar no ecossistema como elemento sustentador da produtividade biológica, sendo responsável pela qualidade ambiental e por promover a saúde das plantas e animais. Atuam diretamente na recuperação da qualidade do solo. Os indicadores de solo mais utilizados são: perfil de enraizamento, feições da erosão da área de plantio, capacidade de retenção de água no solo, teor de matéria orgânica, concentração de nutrientes, pH, capacidade de troca catiônica, condutividade elétrica, entre outros. Já os indicadores de vegetação são aqueles que descrevem sobre a parte de implantação vegetal, detalhando cada etapa do desenvolvimento da vegetação. Os indicadores de vegetação mais empregados são: desenvolvimento das mudas, cobertura do solo, regeneração natural, fisionomia, diversidade, bioindicadores, entre outros (Almeida, 2002).

Independente do indicador selecionado, o grande desafio é desenvolver ou adaptar métodos e critérios adequados para monitorar e avaliar a funcionalidade da área, tanto no reestabelecimento do ecossistema como no uso associado com outras atividades econômicas. A utilização de indicadores é fundamental para facilitar a avaliação, seja ela por órgãos de fiscalização ambiental, ou pelo próprio minerador, para ter o seu controle particular sobre o desenvolvimento da revegetação em suas áreas mineradas (Bizuti, 2017).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O presente trabalho é composto por duas abordagens complementares: conceitual e prática. O desenvolvimento conceitual inclui estudo e levantamento de: (a) boas práticas de recuperação ambiental na mineração, aplicáveis às características da lavra de bauxita no planalto de Poços de Caldas; e (b) métodos para a avaliação de práticas de RAD, levantando indicadores de desempenho ambiental que permitam enxergar o sucesso de uma prática, e em particular, aquelas que podem se tornar fundamentais em minerações de bauxita. Na abordagem práticas, foram avaliadas as técnicas de recuperação observadas ou documentadas em áreas recuperadas ou em processo de recuperação por diferentes empresas. Essas avaliações tiveram o intuito de verificar a eficácia, limitações e aplicabilidade das técnicas geralmente empregadas.

3.2. ÁREAS DE ESTUDO

Para o desenvolvimento do projeto, inicialmente, foram escolhidas uma mina recuperada no passado e uma mina programada para fechamento, em duas empresas que concordaram em participar da pesquisa, totalizando quatro casos. Para selecionar as áreas recuperadas no passado, foi realizado um levantamento junto aos funcionários das empresas e superficiários, de minas em que o patamar desejado de recuperação não tenha sido atingido. Para selecionar as minas no fim de suas operações no momento do desenvolvimento desta etapa prática do projeto, foram consultadas as empresas, de acordo com seus cronogramas anuais de fechamentos de mina.

As empresas extraem minério em terrenos de terceiros mediante contrato de participação de lucros. De acordo com a quantidade de material extraído, a empresa se compromete a pagar um determinado valor por tonelada, o que é conhecido como Royalties na indústria mineral. O valor comumente empregado na região é de \$1,00/ton (um dólar americano por tonelada).

3.2.1. MINA 1

A mina 1 é denominada pela empresa de “Cupim Vermelho”. De acordo com informações fornecidas pela própria empresa, a extensão da poligonal licenciada perante à ANM é de 411,36 hectares (figura 8), porém, o tamanho da área efetivamente lavrada foi de 10,5 hectares. A área se encontra nas coordenadas UTM 342.500 Longitude W e 7.580.800 Latitude S, obtidas com o Datum Sirgas 2000. A reserva mineral explorada foi de aproximadamente 220.000 toneladas, através de extrações periódicas ao longo de 4 anos. Em função da escolha do proprietário da terra para a utilização do solo no período pós-mineração, foi determinado que a espécie vegetal utilizada para a revegetação seria a *Brachiaria*, popularmente conhecida como Capim Braquiária, largamente empregada na formação de pastos para gado bovino. Nesta área foi desenvolvido um acompanhamento do fechamento da mina, da revegetação do local e monitoramento mensal do desenvolvimento da cultura escolhida pelo superficiário.

Figura 8 – Poligonal onde se encontra a Mina 1.

Fonte: Google Earth (2018).

3.2.2. MINA 2

A mina 2 é denominada pela empresa de “Fazenda Tamoio”. De acordo com informações fornecidas pela própria empresa, a extensão da poligonal licenciada perante à ANM é de 140,43 hectares (figura 9), porém, o tamanho da área efetivamente lavrada foi de 4,64 hectares. A área se encontra nas coordenadas UTM 351.000 Longitude W e 7.586.000 Latitude S, obtidas com o Datum Sirgas 2000. A reserva mineral explorada foi de aproximadamente 90.000 toneladas, através de extrações periódicas ao longo de 3 anos. Em função da escolha do proprietário da terra para a utilização do solo no período pós-mineração, foi determinado que as espécies vegetais utilizadas para a revegetação seriam *Eucalyptus*, popularmente conhecida como Eucalipto, matéria-prima de elevada importância econômica no Brasil, principalmente nas indústrias de celulose e carvão vegetal. Neste caso foi desenvolvido o estudo em uma mina recuperada no passado, que atendia aos requisitos necessários para se enquadrar ao projeto de pesquisa.

Figura 9 – Poligonal onde se encontra a Mina 2.

Fonte: Google Earth (2018).

3.2.3. MINA 3

A mina 3 é denominada pela empresa de “Ernesto”. De acordo com informações fornecidas pela própria empresa, a extensão da poligonal concedida é de 229,20 hectares (figura 10), porém, a área efetivamente lavrada foi de 5,10 hectares. A área se encontra nas coordenadas UTM 329.960 Longitude W e 7.580.350 Latitude S, obtidas com o Datum Sirgas 2000. A reserva mineral explorada foi de aproximadamente 150.000 toneladas, através de extrações periódicas ao longo de 5 anos. Em função da escolha do proprietário da terra para a utilização do solo no período pós-mineração, foi determinado que a espécie vegetal utilizada para a revegetação seria o eucalipto. Neste estudo de caso, foi desenvolvido um acompanhamento do fechamento da mina, da revegetação do local e monitoramento mensal do desenvolvimento da cultura escolhida pelo superficiário.

Figura 10 – Poligonal onde se encontra a Mina 3.

Fonte: Google Earth (2019).

3.2.4. MINA 4

A mina 4 é denominada pela empresa de “Mareca”. De acordo com informações fornecidas pela própria empresa, a extensão da poligonal licenciada perante à ANM é de 42,91 hectares (figura 11), porém, o tamanho da área efetivamente lavrada foi de 1,70 hectares. A área se encontra nas coordenadas UTM 331.920 Longitude W e 7.591.820 Latitude S, obtidas com o Datum Sirgas 2000. A reserva mineral explorada foi de aproximadamente 60.000 toneladas, através de extrações periódicas ao longo de 4 anos. Em função da escolha do proprietário da terra para a utilização do solo no período pós-mineração, foi determinado que a espécie vegetal utilizada para a revegetação seria a *Brachiaria* (Braquiária). Neste caso foi desenvolvido o estudo em uma mina recuperada no passado, que possuísse os parâmetros necessários para se enquadrar ao projeto de pesquisa.

Figura 11 – Poligonal onde se encontra a Mina 4.

Fonte: Google Earth (2019).

3.3. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DAS PRÁTICAS EMPREGADAS

Esta etapa foi subdividida em duas fases:

- Identificação e descrição das práticas empregadas na recuperação ambiental na mineração de bauxita, através de uma compilação das principais características das técnicas utilizadas por cada empresa, desenvolvendo um mecanismo de comparação entre as práticas utilizadas por essas empresas, com o intuito de verificar se existe um padrão técnico empregado na região;
- Avaliação técnica dessas práticas através de comparações com as recomendações da literatura e dos padrões verificados durante o desenvolvimento da pesquisa.

Após a avaliação, procurar-se-á responder aos seguintes questionamentos: (i) foram encontradas deficiências?; (ii) se sim, quais?

Evidências serão obtidas por meio de:

- (i) observações de campo;
- (ii) análise de documentos;
- (iii) análise de solo;
- (iv) entrevistas.

3.3.1. OBSERVAÇÕES DE CAMPO

No tangente a parte de preparação topográfica da mina para a recuperação da vegetação, as observações de campo aconteceram com o intuito de identificar possíveis feições erosivas, movimentações de massas e potenciais deficiências na reconformação topográfica. Tanto nas minas recuperadas no passado como nas minas em que foram desenvolvidos os acompanhamentos de fechamento, o intuito foi averiguar a estabilidade topográfica da área. Como o planalto de Poços de Caldas é caracterizado por ser uma região montanhosa, é fundamental que o terracemanto seja empregado de maneira correta, para dessa forma evitar desastres como: escorregamentos, queda de blocos e sobrecarregamento dos sistemas de drenagem e cacimbas.

Em relação a parte de revegetação, foi observado o preparo do solo e o plantio da espécie vegetal. Em relação ao preparo do solo, analisou-se o que foi utilizado para tornar a terra fértil para o recebimento da cultura em questão e se o mecanismo de lançamento dos produtos no solo foi feito da maneira mais adequada. Em relação ao plantio, foi analisado como este ocorreu, como eram as características da muda ou da semente, e se essa escolha (entre muda e semente) foi a correta. Foram desenvolvidos acompanhamentos mensais das minas para verificar o desenvolvimento da cultura. Já nas minas recuperadas no passado, foram realizadas visitas técnicas para verificar como estavam o desenvolvimento das culturas.

Todo esse processo de observações de campo foi fotografado, gerando um acervo fotográfico e compondo um banco de dados sobre cada mina em estudo.

3.3.2. ANÁLISE DE DOCUMENTOS

Na análise de documentos, foram coletadas informações para caracterizar cada mina, seu entorno, os objetivos de recuperação e as técnicas adotadas, assim como os resultados de monitoramento e eventuais mudanças na implementação das práticas que possam ter ocorrido durante a implementação das medidas de RAD. A Superintendência Regional de Meio Ambiente (SUPRAM) é a subdivisão da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) responsável por gerenciar e executar as atividades de regularização, fiscalização e controle ambiental na sua respectiva área de abrangência territorial (SEMAD, 2018). Determina para as empresas de mineração quais os documentos devem ser apresentados para o licenciamento ambiental de cada mina, dependendo do minério extraído, tamanho da mina, região, entre diversos outros fatores.

O intuito inicial era de analisar o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) e Relatório de Monitoramento. Entretanto, o que foi informado pelas empresas é que a SUPRAM não estava exigindo o PRAD para minas inferiores a 50 hectares de extensão e com menos de 50.000 toneladas de minério extraído por ano, onde se enquadra grande parte dos casos da região, sendo solicitado neste caso o Relatório de Controle Ambiental (RCA) e o Plano de Controle Ambiental (PCA). Tanto o PRAD como o RCA/PCA podem ser solicitados pelos órgãos ambientais como parte integrante do processo de licenciamento. Dessa forma, a

documentação analisada pode variar de mina para mina. Os Relatórios de Monitoramento têm características particulares em cada empresa, uma vez que não há padronização por parte do órgão ambiental. As principais informações que compõem esses tipos de documentos são mostradas no Quadro 1.

Quadro 1 – Principais informações encontradas nos modelos básicos de PRAD, RCA/PCA e Relatório de Monitoramento.

PRAD	RCA/PCA	RELATÓRIO DE MONITORAMENTO
Caracterização da gleba	Localização da área e diagnóstico social-ambiental da região	Eficiência dos sistemas de drenagens
Origem da degradação (danos ambientais causados)	Metodologia e procedimentos adotados	Estabilização dos taludes
Caracterização da área degradada (relevo, solo, hidrografia, vegetação)	Análise dos impactos ambientais	Vistorias de valetas e tanques de decantação
Objetivos específicos (contenção de processos erosivos, restabelecimento da vegetação original, recuperação de estrutura e fertilidade do solo, etc)	Plano de Controle Ambiental (medidas mitigadoras, medidas compensatórias, plano de reabilitação, entre outros)	Coleta de amostras de água para análise de qualidade
Metodologia de implantação	Uso futuro da área	Coleta de amostras do solo para análise de fertilidade
Metodologia de avaliação de recuperação	Monitoramento ambiental	Monitoramento Ambiental
Cronograma de execução	Relação custo benefício do empreendimento	Acompanhamento da fauna e flora

Fonte: Próprio autor (2018).

3.3.3. ENTREVISTAS

As entrevistas foram realizadas com: (i) representantes de empresas, (ii) funcionários dos órgãos ambientais responsáveis pela fiscalização dos empreendimentos, e (iii) proprietários das terras em que ocorrem as atividades minerárias. Para a elaboração das perguntas foi utilizado o método semi-estruturado (Manzini, 2003), que consiste basicamente em uma análise prévia de fatores como: linguagem, forma, sequência das perguntas nos roteiros, entre outros. Esse mecanismo de entrevista possui o intuito de otimizar a transmissão de informações, evitando principalmente o uso inadequado de jargão, perguntas com múltiplas finalidades e sequência inadequada de perguntas no roteiro.

Quadro 2 – Perguntas que compõem as entrevistas.

PERGUNTAS REALIZADAS AOS REPRESENTANTES DAS EMPRESAS	
A empresa considera que aplica boas práticas de recuperação?	Quais as fontes das boas práticas adotadas?
A empresa acredita que os proprietários das terras estão satisfeitos com a recuperação realizada?	A empresa ainda possui obrigações quando a área é transferida de volta para o proprietário?
PERGUNTAS REALIZADAS AOS PROPRIETÁRIOS	
Estão satisfeitos com o procedimento realizado?	Caso não estejam, o que entendem que deveria acontecer de diferente?
Foi possível a reutilização do solo no período pós-mineração da maneira desejada?	A empresa cumpriu todas as obrigações que foram determinadas no acordo?
PERGUNTAS REALIZADAS AOS FUNCIONÁRIOS DOS ÓRGÃOS AMBIENTAIS RESPONSÁVEIS PELA FISCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	
Os resultados de recuperação ambiental foram avaliados?	Quais os critérios utilizados para essa avaliação?

Fonte: Próprio autor (2018).

3.4. IDENTIFICAÇÃO E INVESTIGAÇÃO DAS EVIDÊNCIAS

Esta etapa possui o intuito de identificar as possíveis causas das deficiências, partindo inicialmente das seguintes hipóteses: (i) orientação técnica inadequada, (ii) custos elevados para aplicação de boas práticas, (iii) baixa capacitação técnica ou, (iv) problemas na execução das ações de recuperação.

3.5. PROPOSTA DE APRIMORAMENTO DAS PRÁTICAS EMPREGADAS PELAS EMPRESAS

Caso as deficiências forem confirmadas, os resultados encontrados serão apresentados com o intuito de orientar as empresas para que evitem repetir as causas das falhas nos procedimentos futuros, regularizando a área de uma forma que as curvas de nível impeçam desastres como: escorregamentos, queda de blocos e sobrecarregamento dos sistemas de drenagens e das cacimbas. Posteriormente serão desenvolvidas análises do solo para verificar a sua composição (Embrapa, 1997) e parâmetros que possam estar em deficiência, para que dessa forma o tipo de vegetação escolhida para o reestabelecimento da cobertura vegetal se desenvolva da melhor maneira possível (Kabir, Rabbi, Chowdhury & Akbar, 2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados e discutidos os resultados encontrados ao longo do desenvolvimento da pesquisa, seguindo precisamente a metodologia definida no capítulo anterior.

4.1. MINA 1

4.1.1. Reconformação topográfica

Após o término da extração mineral, iniciam-se as atividades de RAD. A primeira etapa desse processo é a reconformação topográfica do terreno, acompanhada entre os dias 11 e 15 de dezembro de 2017 na mina “Cupim Vermelho”, que comumente ocorre com o auxílio do *top soil* retirado anteriormente ao estabelecimento da mina, e se necessário, utiliza-se materiais provenientes de outras regiões para o acerto do terreno. O *top soil* ficou estocado em uma localidade da mina para ser utilizado no remodelamento da mesma. Uma Retroescavadeira ou Pá Carregadeira é utilizada para o carregamento do caminhão com o *top soil* (Figura 13 (a)), o caminhão descarregará montes do material na mina de maneira espaçada, para que o trator de esteiras venha e espalhe (Figura 13 (b)). O trator de esteiras é utilizado para realizar o terraceamento, ao longo de curvas de nível (Figura 14 (a)) que são espaçadas de acordo com a declividade do terreno, protegendo-o contra erosão, deslizamentos, sobrecarregamento dos sistemas de drenagens e resguardando a camada fértil do solo.

Para evitar o acúmulo de água em determinada localidade do terreno, essa água tem que ser direcionada para um local que tenha a capacidade de suportá-la, como sistemas de cacimbas, ou até mesmo florestas de mata nativa, capaz de absorver com certa tranquilidade águas de chuva, o que não foi utilizado nesta mina. Como apresentado na Figura 14 (b), em muitos pontos as curvas de nível fazem com que a água escoe de maneira longitudinal pela mina. Porém, como não foram implementados sistemas finais para captação dessa água, ela estava escoando pelas vias de acesso da mina, gerando erosão e impedindo o tráfego de veículos.

Figura 12 – Retroescavadeira realizando o carregamento do caminhão com o top soil armazenado em uma localidade dentro da própria mina (a) e trator de esteiras espalhando os montes de top soil na mina (b).

Fonte: Próprio autor (dezembro, 2017).

Figura 13 – Terraceamento em todo o terreno (a) e feições erosivas em grande parte da principal via de acesso da mina (b).

Fonte: Próprio autor (dezembro, 2017).

4.1.2. Gradeamento

O gradeamento ou gradagem, ocorre anteriormente ao preparo do solo para o plantio. Essa operação consiste na utilização de um trator de esteira com uma grade composta por discos de arado. O trator se desloca sobre o terreno com a grade acoplada a si (Figura 15 (a)), e os discos de arado possuem a função de cortar o solo, ou seja, quebrar os blocos rochosos e deixar o solo na menor granulometria possível para o recebimento da etapa seguinte (Figura 15 (b)). O acompanhamento desta etapa ocorreu entre os dias 19 e 22 de dezembro de 2017. De acordo com

Embrapa (2018) a gradagem deveria ter ocorrido pelo menos duas vezes, com uma calagem entre elas, diferentemente da ação tomada nesta mina, apenas uma vez.

Figura 14 – Trator de esteiras gradeando o solo anteriormente à preparação para o plantio (a) e mina após a finalização da etapa de gradeamento (b).

Fonte: Próprio autor (dezembro, 2017).

Figura 15 – Funcionários desenvolvendo a calagem manualmente na mina. A metodologia de aplicação é a mesma empregada para a adubação, Húmus e plantio da semente (a) e imagem da mina após a etapa de calagem ser finalizada (b).

Fonte: Próprio autor (janeiro, 2018).

4.1.3. Preparo do Solo e Plantio

O preparo do solo é de fundamental importância para a boa formação de uma pastagem. A primeira etapa a ser desenvolvida é denominada Calagem, que basicamente consiste na aplicação de calcário no solo com os objetivos de elevar os teores de cálcio e magnésio, neutralizar a ação do alumínio (elemento tóxico para plantas) e corrigir o pH do solo. A calagem nessa mina foi desenvolvida por quatro funcionários que aplicaram manualmente (Figura 16 (a)) o calcário dolomítico da marca Cazanga, que possui como características principais os teores de 10,9% de Óxido de Magnésio e 41% de Óxido de Cálcio. A calagem foi iniciada no dia 11 de janeiro de 2018 e finalizada no dia seguinte (Figura 16 (b)).

Posteriormente à calagem, nos dias 12 e 15 de janeiro de 2018, foi realizada a adubação da área. O método de aplicação foi o mesmo utilizado para a calagem (o fertilizante foi aplicado manualmente por funcionários da empresa). O fertilizante utilizado foi o modelo “H.Master B” da Yoorin Fertilizantes (Figura 17 (a)), popularmente conhecido como “quatro quatorze oito”. Para entender essa denominação informal do produto é necessário saber o significado da sigla NPK. NPK é uma sigla empregada na agricultura que designa a relação dos três nutrientes principais para o desenvolvimento da planta, nitrogênio, fósforo e potássio. “Quatro quatorze oito” é o fator NPK desse fertilizante, e significa que o produto possui 4% de nitrogênio, 14% de fósforo e 8% de potássio na sua composição. No dia 15 também foi aplicado, pela mesma metodologia, o húmus ao solo (Figura 17 (b)). O húmus é uma matéria orgânica formada através de um processo natural, resulta da decomposição de animais e plantas mortas, onde bactérias, fungos e agentes externos (como umidade e temperatura) contribuem para a sua formação. O húmus libera diversos nutrientes, é um fertilizante orgânico e contribui para uma adubação eficaz e duradoura.

Após a preparação do solo, é realizado o plantio da espécie desejada. A cultura escolhida para a revegetação dessa mina é a *Brachiaria*, como citado na metodologia. As sementes utilizadas são da marca Barenbrug (Figura 18 (a)), o plantio foi desenvolvido da mesma maneira que as etapas anteriores (de forma manual por quatro funcionários da empresa); ocorreu no dia 16 de janeiro. Após o plantio os funcionários rastelaram a área com a utilização de rastelos manuais (Figura 18 (b)). A intenção dessa etapa é realizar a homogeneização da semente

aos demais componentes aplicados ao solo, com o intuito de que a germinação e o processo de desenvolvimento aconteçam de forma mais rápida e eficiente. Essa última operação foi desenvolvida nos dias 17 e 18 de janeiro.

Figura 16 – Fertilizante empregado para adubação do solo na mina (a) e húmus empregado juntamente com o fertilizante para a correção do solo (b).

Fonte: Próprio autor (janeiro, 2018).

Figura 17 – Sementes utilizadas na revegetação da área (a) e funcionários rastelando a área para otimizar a homogeneização da semente aos outros componentes aplicados ao solo (b).

Fonte: Próprio autor (janeiro, 2018).

Algumas considerações podem ser feitas sobre o preparo do solo e plantio. Inicialmente, as boas práticas relacionadas a recuperação de áreas degradadas recomendam que sejam feitas análises químicas do solo anteriormente à aplicação de qualquer produto, para assim determinar os teores de nutrientes do solo, e indicar o tipo e quantidade de fertilizantes a ser aplicado para o melhor desenvolvimento das culturas (Prezotti, 2013). Nessa mina não foram realizadas análises químicas

por parte da empresa. O aluno retirou amostras para requerer essas análises e enviou para o laboratório químico da própria empresa. Entretanto, até a conclusão do presente trabalho, o resultado não foi recebido.

Toda a metodologia de aplicação dos produtos (calcário, fertilizante, húmus e semente) foi desenvolvida manualmente, o que acarreta um lançamento desigual ao longo do extenso terreno, resultando em um desenvolvimento assimétrico da cultura, como era esperado nos acompanhamentos futuros. O melhor seria realizar todas as aplicações com o trator, o calcário com a utilização de uma calcalhadeira, que esparramará de forma igual o calcário pelo terreno. O fertilizante, o húmus e a semente poderiam ser homogeneizados e aplicados na mesma ação pelo trator (desde que o plantio ocorra no mesmo dia em que a mistura foi preparada), diferentemente de todas idas e vindas que os funcionários deram para aplicá-los, utilizando talvez a própria calcalhadeira para este processo ou algum equipamento que desenvolva a mesma função. O que além de otimizar o desenvolvimento da pastagem, tornaria o processo mais rápido (Embrapa, 2018).

Em relação a calagem, Embrapa (2018) recomenda que o calcário seja aplicado na área antes da aração e posteriormente ao gradeamento. Neste caso foi desenvolvido apenas após o gradeamento. A calagem deveria ser realizada entre 60 e 90 dias antes do plantio, diferentemente do intervalo inferior a uma semana utilizado.

No que diz respeito ao rastelamento do solo após o plantio, também seria mais seguro que o trator passasse a grade niveladora fechada, isto é, de maneira regulada. Assim os discos ficariam paralelos à direção de avanço do equipamento, para que as sementes sejam cobertas pelo solo e principalmente para que não as enterrem a profundidades superiores a 4 centímetros.

4.1.4. Acompanhamentos

Os acompanhamentos aconteceram mês a mês após o plantio. O intuito é monitorar o desenvolvimento da vegetação e detectar possíveis deficiências. Através dos relatórios fotográficos apresentados a seguir, é possível analisar os parâmetros em questão. Os acompanhamentos aqui retratados são no âmbito da pesquisa e não são desenvolvidos pelas empresas.

4.1.4.1. Acompanhamento 15/02/2018

Figura 18 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) e imagem detalha o desenvolvimento desigual da vegetação em diversas localidades da área (b).

Fonte: Próprio autor (fevereiro, 2018).

4.1.4.2. Acompanhamento 16/03/2018

Figura 19 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) imagem detalha o desenvolvimento desigual da vegetação em diversas localidades da área (b).

Fonte: Próprio autor (março, 2018).

4.1.4.3. Acompanhamento 17/04/2018

Figura 20 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) e imagem detalha o desenvolvimento desigual da vegetação em diversas localidades da área (b).

Fonte: Próprio autor (abril, 2018).

4.1.4.4. Acompanhamento 23/05/2018

Figura 21 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) imagem detalha o desenvolvimento desigual da vegetação em diversas localidades da área (b).

Fonte: Próprio autor (maio, 2018).

Figura 22 – Sulco de erosão e má formação da vegetação em diversos locais do futuro pasto bovino.

Fonte: Próprio autor (maio, 2018).

4.1.4.5. Visita técnica 15/08/2019

Figura 23 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) imagem detalha o desenvolvimento desigual da vegetação em diversas localidades da área (b).

Fonte: Próprio autor (agosto, 2019).

De maneira geral, os acompanhamentos encontraram resultados já esperados ao longo dos meses. A parte (a) das Figuras 19, 20, 21, 22 e 24 apresentam de maneira explícita o desenvolvimento da vegetação mês a mês de forma contínua. Entretanto, essas imagens são superficiais, pois a parte (b) das Figuras 19, 20, 21, 22 e 24 revelam que em diversos locais a vegetação se encontra totalmente desigual. Esse fato é consequência dos equívocos citados anteriormente no preparo e plantio do solo. Por último, a Figura 23 retrata além de uma má formação da vegetação, sulcos de erosões resultantes por procedimentos errôneos

na etapa de reconformação topográfica. Esse fenômeno foi desencadeado por um terraceamento impróprio nessa localidade na mina, de forma que as curvas de nível não foram capazes de realizar o escoamento longitudinal das águas, resultando nestes processos erosivos. Este fato pode acarretar problemas entre o minerador e o superficiário, pois como a formação da pastagem é para gado bovino, essas feições erosivas podem trazer riscos a integridade física dos animais.

4.2. MINA 2

4.2.1. Visita Técnica

No dia 03 de abril de 2018 foi realizada uma visita técnica na mina “Fazenda Tamoio”. O intuito dessa visita foi adquirir informações sobre esta mina recuperada no início de 2016, averiguar como se encontra a situação atual de desenvolvimento da cultura escolhida pelo superficiário para a revegetação do local (neste caso eucalipto, como citado anteriormente), identificar possíveis deficiências, investigar as prováveis causas dessas deficiências e, finalmente, propor medidas de aprimoramento para que estas falhas sejam evitadas nos procedimentos futuros.

A parte (a) da Figura 25 apresenta o estado atual de desenvolvimento da plantação de eucalipto. O espaçamento empregado é o mesmo indicado pela literatura (Embrapa, 2016), de 3 metros entre as árvores na mesma linha e de 3 metros entre as linhas. Já a parte (b) retrata a ocorrência de processos erosivos na principal via de acesso à propriedade.

Figura 24 – Plantação de eucalipto com espaçamento de 3 x 3 metros (a) e processos erosivos detectados na principal via de acesso à plantação (b).

Fonte: Próprio autor (abril, 2018).

4.2.2. Relatório de Monitoramento

Foi pedido para ser analisado o relatório de monitoramento elaborado pela empresa ao longo do processo de recuperação e nos acompanhamentos desenvolvidos posteriormente. Entretanto, a empresa em questão disponibilizou fotos e alegou que o único monitoramento executado é fotográfico, não possuem um relatório de monitoramento já elaborado para ser apresentado como parte do licenciamento caso seja requisitado pelo órgão ambiental regulador.

A extração foi finalizada no local em maio de 2015 (Figura 26 (a)), e a reconformação topográfica ocorreu nos meses de julho e agosto de 2015 (Figuras 26 (b) e 27 (a)). Como pode ser visto na Figura 26 (a), existe um elevado número de blocos rochosos no solo, onde a maioria dos blocos maiores foram deslocados para a parte inferior da mina, com o intuito de evitar futuros deslizamentos. O plantio do eucalipto ocorreu em janeiro de 2016 (Figuras 27 (b) e 28), pois aguardou-se o período chuvoso do ano para a melhor realização desta atividade.

Figura 25 – Mina “Fazenda Tamoio” após a exaustão da jazida mineral (a) e momento em que o trator de esteiras realizava a reconformação do terreno e deslocava os blocos maiores para a parte inferior da mina (b).

Fonte: Empresa (maio e julho, 2015).

Figura 26 – Topografia final do terreno antes da etapa do plantio (a) e funcionários abrindo as covas onde serão inseridos os insumos e posteriormente a muda (b).

Fonte: Empresa (agosto, 2015; janeiro, 2016).

Figura 27 – Aplicação do húmus e do fertilizante nas covas (a) e plantio das mudas de Eucalipto (b).

Fonte: Empresa (janeiro, 2016).

O modelo de fertilizante utilizado para o preparo do solo não foi recordado pelo representante da empresa que colaborou com as diversas informações e não constava no acervo fotográfico. Após o plantio aplicou-se herbicida (Goal BR), inseticida (Multimix) e óleo mineral (Iharaguen-s) com bombas pulverizadoras na vegetação (Figura 29 (a)). Sucintamente, o óleo mineral é aplicado para potencializar a capacidade das plantas em absorver nutrientes; o herbicida é indicado para o controle de plantas daninhas; e o inseticida é um produto destinado à proteção das culturas contra os insetos, principalmente, formigas (Figura 29 (b)).

Figura 28 – Funcionários da empresa aplicando o inseticida com bombas pulverizadoras (a) e recipientes do herbicida, inseticida e óleo mineral empregados, respectivamente (b).

Fonte: Empresa (janeiro, 2016).

Foram detectados diversos feições erosivas ainda na fase de plantio. Durante o mês de janeiro, houve escoamentos irregulares de água na plantação (Figura 30 (a)), acúmulo de água em diversos pontos da área e das vias de acesso, deslizamento de blocos de rochas (Figura 30 (b)) e escorregamentos em talude de corte implementado para o delineamento das vias de acesso à plantação (Figura 31 (a)).

Figura 29 – Escoamento de água causou danos em diversos pontos da área (a) e alguns blocos de rochas deslizaram até a parte inferior da mina, local onde também foram formadas diversas poças d'água e inviabilizando a passagem (b).

Fonte: Empresa (janeiro, 2016).

Figura 30 – Ocorrência de escorregamentos em talude na via principal de acesso à área (a) e único registro fotográfico de acompanhamento da plantação, ocorrido em dezembro de 2016 (b).

Fonte: Empresa (janeiro, 2016; dezembro, 2016).

Esses problemas são resultantes de uma reconformação errônea do terreno. A mina é caracterizada por uma declividade acentuada, portanto, o terraceamento deveria ter ocorrido baseado em medidas de segurança para evitar o escoamento acidentado e acúmulo de água no terreno (Embrapa, 2016). Esse escoamento desigual de água ao longo do terreno pode ter retirado os nutrientes das covas, diminuindo a fertilidade do solo para o desenvolvimento das mudas. Outro fator inadequado foi em relação aos blocos rochosos. Mesmo que tenha sido afirmado pelo representante da empresa que o trator de esteiras retirou os blocos maiores dos topos da área, foi comprovado na prática que nem todos foram retirados, acarretando em deslizamentos que podem ter matado diversas mudas e ainda poderiam ter acarretado em problemas piores.

O único registro de acompanhamento ao desenvolvimento da vegetação ocorreu no mês de dezembro de 2016 (Figura 31 (b)), onze meses após o plantio do Eucalipto. Segundo funcionário da empresa, o acompanhamento ao local era mensal, mediante inspeção visual e registro fotográfico, entretanto não ocorreram regularmente. Após o plantio a empresa possuía obrigação contratual de cuidar do desenvolvimento da cultura por dois anos, sempre que necessário realizando intervenções na área, como roçar, aplicar herbicida e inseticida. O proprietário do imóvel rural possui a obrigação contratual de não desenvolver nenhum tipo de atividade na área no mesmo período e não soltar nenhum tipo de criação animal no

local. A partir de janeiro de 2018 os cuidados com a plantação de Eucalipto tornaram-se de inteira responsabilidade do proprietário da fazenda.

4.2.3. Análise química

Não foram realizadas análises do solo anteriormente ao plantio. A empresa alegou que “diversas propriedades vizinhas haviam sido mineradas e recuperadas no passado, portanto, já era possível ter uma noção da qualidade do solo na mina”, o que está equivocado, pois estudos sobre amostragem de solo apresentam que localidades muito próximas podem ter propriedades químicas distintas (Prezotti, 2013). A análise química é fundamental para verificar as condições de fertilidade do solo, o que está em deficiência e o que é abundante, sendo que os resultados encontrados serão diretamente empregados como base na adubação. Dessa forma, pode ser que o fertilizante empregado não seja o mais indicado, ou que a quantidade aplicada seja inferior ou superior a adequada, o que pode acarretar em custos elevados na preparação do solo ou que todo o processo tenha sido perdido, pois algumas mudas podem não se desenvolver por consequência da falta de nutrientes, perdendo todos os produtos utilizados e os procedimentos desenvolvidos nelas.

4.2.4. Análise de documentos

Para a presente mina não foi elaborado um PRAD, entretanto, para dar continuidade ao processo de extração de minério foi requisitado pela SUPRAM o RCA/PCA, para assim obter a Licença de Operação Corretiva (LOC). A LOC é uma maneira do órgão ambiental corrigir uma autorização de operação concedida a um empreendimento quando os instrumentos ambientais de licenciamento não eram tão efetivos, ou amparar empreendedores leigos, que iniciaram suas atividades desconhecendo a obrigatoriedade dos procedimentos de licenciamento, o que não é o caso.

O Relatório e Plano de Controle ambiental foi elaborado por uma empresa de consultoria (especializada), é um documento bem produzido, onde detalha todas as etapas de um empreendimento minerário e suas respectivas orientações para conservação do meio ambiente.

Os principais tópicos apresentados no RCA/PCA referentes às fases de fechamento de mina e pós-fechamento são:

- Reconformação topográfica em áreas de desarranjo ambiental mais severos e dispositivos e drenagem;
- Medidas de reabilitação da área;
- Medidas mitigadoras para o meio físico (sistemas de drenagem, controle do nível de poeira, controle de gases, controle de ruídos, tratamento do lixo gerado/óleos e graxas);
- Medidas mitigadoras para o meio biótico (plano de reabilitação das porções mineradas, medidas de salvaguarda de nichos ecológicos, propostas de revegetação para formação de pastagem, plantação de eucalipto e florestas nativas);
- Medidas compensatórias sugeridas pelo órgão regulador e iniciativas espontâneas de compensação;
- Uso futuro da área;
- Monitoramento ambiental (precipitação e drenagem, manutenção e limpeza periódica dos sistemas de drenagens, acompanhamento do desenvolvimento da vegetação, entre outros);
- Relação das principais espécies vegetais ocorrentes na concessão de lavras.

Todos estes conteúdos são abordados de maneira ampla e compreensível ao longo do texto, o que facilita o entendimento dos funcionários que colocarão em prática o que foi estabelecido. Entretanto, nem sempre as empresas seguem à risca o que é determinado nos documentos, muitas vezes por: (i) orientação técnica inadequada, (ii) custos elevados para aplicação de boas práticas, (iii) baixa capacitação técnica dos profissionais da empresa ou, (iv) problemas na execução das ações de recuperação. Baseado nos resultados obtidos, nos acompanhamentos realizados e na relação alcançada com os diversos funcionários da empresa, a capacitação, orientação e empenho dos profissionais não são questionáveis, entretanto, o envolvimento da empresa em relação a recuperação ambiental e a fiscalização do órgão regulador podem ser. Como o órgão raramente fiscaliza localidades afastadas, as empresas desenvolvem a recuperação tendo como foco os custos, e em segundo lugar a qualidade das ações, o que deveria ser ao contrário.

Resultando muitas vezes em procedimentos mal elaborados e culturas mal desenvolvidas.

4.3. MINA 3

4.3.1. Reconformação topográfica

Neste estudo de caso o acompanhamento foi semelhante ao realizado na mina 1. Após o término da extração mineral, iniciam-se as atividades de RAD. A primeira etapa desse processo é a reconformação topográfica do terreno, acompanhada ao longo do mês de agosto de 2018 na mina “Ernesto”, que comumente ocorre com o auxílio do *top soil* retirado anteriormente ao estabelecimento da mina, e nesse caso, com auxílio de materiais provenientes de outras regiões. Foram espalhados duzentos caminhões de *top soil* para o acerto do terreno, resultando em aproximadamente 1.800 toneladas. O *top soil* ficou estocado em uma localidade da mina para ser utilizado no remodelamento da mesma. A metodologia empregada para a remodelagem do terreno mantém o padrão do estudo de caso 1, como pode ser visto nas figuras a seguir.

Figura 31 – *Top Soil* proveniente de outra região para o acerto da mina (a) e trator de esteiras espalhando os montes de *top soil* na mina (b).

Fonte: Próprio autor (agosto, 2018).

Figura 32 – Configuração após o espalhamento do material e implantação das curvas de nível (a) e feições erosivas em grande parte da principal via de acesso da mina (b).

Fonte: Próprio autor (agosto, 2018).

Como citado ao longo do trabalho, o terraceamento realizado com a implementação das curvas de nível possui o intuito de evitar erosões, escorregamentos, queda de blocos e sobrecarregamento dos sistemas de drenagem. Para evitar o acúmulo de água em determinada localidade do terreno, essa água tem que ser direcionada para um local que tenha a capacidade de suportá-la, como sistemas de cacimbas, ou até mesmo áreas de vegetação nativa, capaz de absorver águas de chuva. Nesta mina foram implementados sistemas finais de drenagens, porém, não foram capazes de comportar a quantidade de água escoada no terreno, gerando erosões em diversos pontos da mina, inclusive na principal via de acesso, impedindo o tráfego de veículos no local, como mostrado na Figura 33 (b).

4.3.2. Gradeamento

O acompanhamento desta etapa ocorreu entre os dias 29 e 30 de agosto de 2018. De acordo com Embrapa (2018) a gradagem deveria ter ocorrido pelo menos duas vezes, com uma calagem entre elas, diferentemente da ação tomada nesta mina, que ocorreu apenas anteriormente à calagem.

Figura 33 – Trator de esteiras gradeando o solo anteriormente à preparação para o plantio.

Fonte: Próprio autor (agosto, 2018).

Figura 34 – Funcionários desenvolvendo a calagem manualmente na mina (a) e imagem da mina após a etapa de calagem ser finalizada (b).

Fonte: Próprio autor (setembro, 2018).

4.3.3. Preparo do Solo e Plantio

A calagem nessa mina foi desenvolvida por seis funcionários que aplicaram manualmente (Figura 35 (a)) o calcário dolomítico da marca Cazanga, o mesmo empregado no primeiro estudo de caso. A calagem foi iniciada no dia 10 de setembro de 2018 e finalizada no dia seguinte (Figura 35 (b)).

Aproximadamente três meses após a calagem, nos dias 12 e 13 de dezembro de 2018, uma equipe de doze funcionários iniciou a abertura e preparo das covas, através de capina do local com enxadas, abrindo aproximadamente 11 mil covas. Essa atividade é necessária pois como pode ser visto na Figura 36 (a), ocorreu o desenvolvimento de capim na área mesmo sem o plantio dessa cultura. Após retirada da vegetação superficial, o mesmo funcionário abria uma cavidade de aproximadamente cinquenta centímetros e adicionava, manualmente, 2 kg de húmus e 150 g de Fertilizante “quatro quatorze oito” (NPK 04-14-08), como pode ser visto na figura 36 (b). Posteriormente, o solo superficial removido era utilizado para cobrir os produtos adicionados à cova.

Figura 35 – Desenvolvimento de capim na área de plantio do Eucalipto (a) e preparo da cova para plantio (b).

Fonte: Próprio autor (dezembro, 2018).

Entre os dias 09 e 10 de janeiro de 2019, ocorreu o preparo do solo e o plantio. A cultura escolhida para a revegetação dessa mina é o Eucalipto, como citado na metodologia. As mudas foram formadas no viveiro da própria empresa (Figura 37 (a)). Inicialmente três funcionários trabalhavam com um instrumento abrindo cavidades da dimensão da muda, três funcionários vinham espalhando as mudas e deixando-as ao lado das covas, outros três eram responsáveis por realizar o plantio manual das mudas, três funcionários coletavam os tubetes descartados, e por último, três funcionários aplicavam 200 g de fertilizante NPK 20-05-20. O espaçamento empregado para o plantio foi de 1,65 metros entre as covas e 3,30 metros entre as linhas.

Após o plantio, no dia 11 de janeiro de 2019, os funcionários aplicaram herbicida (Goal BR) e inseticida (Multimix) na vegetação ao redor das covas, com o intuito de controlar as plantas daninhas e proteger a cultura contra insetos (principalmente formigas), respectivamente.

Figura 36 – Mudas de Eucalipto formadas no viveiro da empresa (a) e abertura da cova para o plantio (b).

Fonte: Próprio autor (janeiro, 2019).

Figura 37 – Muda de Eucalipto e cova preparada para o plantio (a) e plantio manual da muda de Eucalipto (b).

Fonte: Próprio autor (janeiro, 2019).

Algumas considerações podem ser feitas sobre o preparo do solo e plantio. Inicialmente, as boas práticas relacionadas a recuperação de áreas degradadas recomendam que sejam feitas análises químicas do solo anteriormente à aplicação de qualquer produto, para assim determinar os teores de nutrientes do solo, e indicar o tipo e quantidade de fertilizantes a ser aplicado para o melhor desenvolvimento

das culturas. Nessa mina não foram realizadas análises químicas por parte da empresa.

A metodologia de aplicação do calcário foi desenvolvida manualmente, o que acarreta um lançamento desigual ao longo do extenso terreno, podendo resultar em um desenvolvimento assimétrico da cultura, como era esperado nos acompanhamentos futuros. O melhor seria realizar a aplicação com a utilização de uma calchadeira, que distribuiria de forma igual o calcário pelo terreno. O que além de otimizar o desenvolvimento da cultura, tornaria o processo mais rápido (Embrapa, 2018).

Em relação a calagem, Embrapa (2018) recomenda que o calcário seja aplicado na área antes da aração e posteriormente ao gradeamento, neste caso foi desenvolvido apenas a segunda etapa. A mesma literatura recomenda que a calagem aconteça entre 60 e 90 dias antes do plantio. No presente estudo de caso, o intervalo foi de aproximadamente 120 dias. Após o plantio, recomenda-se a aplicação de óleo mineral juntamente com o herbicida e com o inseticida, com o intuito de potencializar a capacidade das plantas em absorver nutrientes (Embrapa, 2016); o que não foi desenvolvido.

Embrapa (2016) recomenda que o plantio aconteça com o espaçamento de 3 metros entre as árvores na mesma linha e de 3 metros entre as linhas, diferente do empregado nesse plantio, que foi de 1,65 metros e 3,30 metros, respectivamente.

4.3.4. Acompanhamentos

Os acompanhamentos aconteceram mês a mês após o plantio. O intuito é monitorar o desenvolvimento da vegetação e detectar possíveis deficiências. Através dos relatórios fotográficos apresentados a seguir, é possível analisar os parâmetros em questão.

4.3.4.1. Acompanhamento 07/02/2019

Figura 38 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) e mudas de Eucalipto mortas no meio da plantação (b).

Fonte: Próprio autor (fevereiro, 2019).

4.3.4.2. Acompanhamento 23/03/2019

Figura 39 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) e funcionários roçando as covas e realizado o replantio onde as mudas estavam mortas (b).

Fonte: Próprio autor (março, 2019).

Figura 40 – Aplicação de fertilizante após 60 dias do plantio (a) e alagamento impedindo a passagem de veículos na principal via de acesso (b).

Fonte: Próprio autor (março, 2019).

4.3.4.3. Acompanhamento 24/04/2019

Figura 41 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) e mudas de Eucalipto mortas no meio da plantação (b).

Fonte: Próprio autor (abril, 2019).

4.3.4.4. Acompanhamento 22/05/2019

Figura 42 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) e diversas ruas intercalam árvores com o desenvolvimento satisfatório e outras que não vingaram (b).

Fonte: Próprio autor (maio, 2019).

4.3.4.5. Acompanhamento 25/06/2019

Figura 43 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) e ruas inteiras de árvores que não vingaram e não foi realizado o replantio (b).

Fonte: Próprio autor (junho, 2019).

4.3.4.6. Acompanhamento 23/07/2019

Figura 44 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) e ruas inteiras de árvores que não vingaram e não foi realizado o replantio (b).

Fonte: Próprio autor (julho, 2019).

De maneira geral, os acompanhamentos encontraram resultados já esperados ao longo dos meses. A parte (a) das Figuras 39, 40, 42, 43, 44 e 45 apresentam de um ângulo distante o desenvolvimento mês a mês da plantação de eucalipto. Entretanto, essas imagens são superficiais, pois a parte (b) das Figuras 39, 42, 43, 44 e 45 revelam em diversos locais a ocorrência de diversas mudas mortas, até mesmo ruas, deixando explícito que a plantação encontra totalmente desigual. Esse fato é consequência dos equívocos citados anteriormente no preparo e plantio do solo. Por último, a Figura 41 (b) retrata a ocorrência de alagamento na principal via de acesso, o que impede o tráfego de veículos.

A empresa havia informado no dia do plantio que após 30 dias realizaria o replantio das mudas que não tivessem vingado e também faria uma adubação de 50g de fertilizante 25-05-20 por cova. Entretanto, esta ação não ocorreu neste momento que estava determinado, ocorrendo depois de 60 dias, realizando o replantio das árvores que não vingaram, a capina ao redor de todas as covas e a adubação. Nos meses posteriores foi possível observar que as mudas que foram replantadas não vingaram novamente, porém não foram substituídas, o que após o terreno ter sido roçado resultou na visualização de diversas ruas com árvores mortas. A empresa também havia informado que mais uma adubação seria feita após 90 dias, o que não ocorreu.

4.4. MINA 4

4.4.1. Visita Técnica

No dia 28 de maio de 2019 foi realizada uma visita técnica na mina “Mareca”. O intuito dessa visita foi adquirir informações sobre esta mina recuperada no segundo semestre de 2017, averiguar como se encontra a situação atual de desenvolvimento da cultura escolhida pelo superficiário para a revegetação do local (neste caso Braquiária, como citado anteriormente), identificar possíveis deficiências, investigar as prováveis causas dessas deficiências e, finalmente, propor medidas de aprimoramento para que estas falhas sejam evitadas nos procedimentos futuros.

A Figura 46 (a) apresenta o estado atual de desenvolvimento da pastagem de Braquiária. É notório o desenvolvimento desigual em algumas localidades da área, como pode ser observado na Figura 46 (b).

Figura 45 – Imagem frontal na chegada à mina pela via de acesso principal (a) e Imagem detalha o desenvolvimento desigual da vegetação em diversas localidades da área (b).

Fonte: Próprio autor (maio, 2019).

4.4.2. Relatório de Monitoramento

Foi pedido para ser analisado o relatório de monitoramento elaborado pela empresa ao longo do processo de recuperação e nos acompanhamentos desenvolvidos posteriormente. Entretanto, a empresa em questão disponibilizou fotos e alegou que o único monitoramento executado é fotográfico, não possuem um

relatório de monitoramento já elaborado para ser apresentado como parte do licenciamento caso seja requisitado pelo órgão ambiental regulador.

A extração foi finalizada no local em março de 2017 (Figura 47), e a reconformação topográfica ocorreu no mês de junho de 2017 (Figura 48). O preparo do solo e plantio da Braquiária ocorreu em dezembro de 2017 (Figuras 49 e 50), pois aguardou-se o período chuvoso do ano para a melhor realização desta etapa. A calagem não foi desenvolvida da maneira que indica a literatura. Embrapa (2018) recomenda que o calcário seja aplicado na área antes da aração e posteriormente ao gradeamento, neste caso foi desenvolvido apenas a segunda etapa. A calagem deveria ser realizada entre 60 e 90 dias antes do plantio, diferentemente do ocorrido, em que o calcário foi aplicado em uma mistura junto ao fertilizante e a semente. Diferentemente dos outros estudos de caso em que a aplicação dos produtos foi manual, neste caso foi utilizado um trator com uma calcalhadeira acoplada para realizar a aplicação, o que a torna a distribuição mais uniforme. Entretanto, a homogeneização na calcalhadeira foi realizada pelos funcionários com os seus pés, não desenvolvendo este procedimento com equipamentos adequados.

Figura 46 – Mina “Mareca” após a exaustão da jazida mineral.

Fonte: Empresa (março, 2017).

Figura 47 – Momento em que o trator de esteiras realizava o terraceamento do terreno (a) e trator de esteiras espalhando o top soil retirado anteriormente e que estava armazenado na própria mina (b).

Fonte: Empresa (junho, 2017).

Figura 48 – Trator gradeando o solo anteriormente à preparação para o plantio (a) e calcário, fertilizante e semente homogeneizados na calchadeira para a aplicação (b).

Fonte: Empresa (dezembro, 2017).

Figura 49 – Trator com a calchadeira acoplada espalhando a mistura homogeneizada (a) e imagem do solo após a aplicação (b).

Fonte: Empresa (dezembro, 2017).

As marcas e modelos do fertilizante, do calcário e da semente utilizados para o preparo do solo não foram recordados pelo representante da empresa que colaborou com as diversas informações e não constava no acervo fotográfico.

O único registro de acompanhamento ao desenvolvimento da vegetação ocorreu no mês de janeiro de 2018 (Figuras 85 e 86), no mês seguinte ao plantio, e desde esse momento já era notório o desenvolvimento desigual da vegetação. Segundo o funcionário da empresa, o monitoramento ao local era mensal, entretanto não ocorreram outros registros fotográficos. Após o plantio a empresa possui obrigação contratual de cuidar do desenvolvimento da cultura por dois anos, sempre que necessário realizando intervenções na área, como roçar, aplicar herbicida e inseticida. O proprietário do imóvel rural possui a obrigação contratual de não desenvolver nenhum tipo de atividade na área no mesmo período e não soltar nenhum tipo de criação animal no local. A partir de janeiro de 2020 os cuidados da pastagem serão de inteira responsabilidade do proprietário do imóvel rural.

Figura 50 – Único registro fotográfico de acompanhamento da vegetação, ocorrido em janeiro de 2018.

Fonte: Empresa (janeiro,2018).

4.4.3. Análise química

Nesta área também não foram realizadas análises do solo anteriormente ao plantio. A empresa alegou que “diversas propriedades vizinhas haviam sido mineradas e recuperadas no passado, portanto, já era possível ter uma noção da qualidade do solo na mina”, o que está equivocado, pois estudos sobre amostragem de solo apresentam que localidades muito próximas podem ter propriedades químicas distintas (Prezotti, 2013).

4.4.4. Análise de documentos

Para a presente mina não foi elaborado nenhum documento relacionado à recuperação ambiental da área no período pós-mineração e também não foi exigido nenhum documento como parte do licenciamento ambiental. Devido ao porte do empreendimento, ao invés de uma Licença de Operação a empresa obteve uma Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF). A AAF é um processo mais simples e rápido para a regularização ambiental de empreendimentos de pequenos e médios portes, que se enquadram na classe 1 e 2, de acordo com a Deliberação Normativa nº 74 (SEMAD, 2018). Entretanto, pelo déficit de informações em diversas etapas, este tipo de regularização deixou de existir, dando lugar a um Licenciamento Ambiental Simplificado (LAS), com diversos documentos, entre eles um relatório que

possui o intuito de detalhar todas as atividades de um empreendimento minerário, inclusive a recuperação ambiental.

4.5. ENTREVISTAS

Como citado anteriormente, o intuito das entrevistas é adquirir informações sobre o ponto de vista de cada parte envolvida, incluindo funcionários das empresas, funcionários dos órgãos ambientais responsáveis pela fiscalização dos empreendimentos e proprietários dos imóveis rurais em que ocorrem as atividades minerárias. Foi desenvolvido e entregue para cada entrevistado um termo em que o aluno se compromete a não divulgar o nome da empresa e de qualquer funcionário entrevistado, e que o único objetivo dessa entrevista é colher informações sobre a opinião do entrevistado. Foram entrevistadas seis pessoas, duas de cada grupo. Foram transcritas a seguir as perguntas e respostas exatamente como ocorreram, tanto por parte do entrevistador como pelo entrevistado.

4.5.1. Representante da Empresa 1

Pergunta 1: Você considera que a empresa aplica boas práticas de recuperação de áreas degradadas?

Resposta: Sim, a empresa em que trabalho aplica boas práticas de recuperação de áreas degradadas. Utiliza técnicas de remodelamento do perfil topográfico e de controle de escoamento superficial de águas pluviais, através da implantação canaletas e bacias de sedimentação. Possui um Horto florestal com aproximadamente 200 diferentes espécies nativas arbóreas e arbustivas para reintrodução na fase de revegetação das áreas degradadas.

Pergunta 2: Quais as fontes das boas práticas adotadas?

Resposta: Além de literatura especializada e participação em congressos sobre o assunto, nossas práticas de reabilitação se baseiam principalmente em experiência adquirida ao longo do tempo e de troca de informações com outras empresas do setor que realizam atividades correlatas.

Pergunta 3: De acordo com a sua experiência de muitos anos no setor, acredita que os proprietários das terras estão satisfeitos com a recuperação realizada em suas propriedades?

Resposta: Sim, normalmente os proprietários ficam satisfeitos com a reabilitação/revegetação realizada. Normalmente a escolha do tipo de revegetação é feita previamente com o proprietário, para atender a sua expectativa e também a legislação pertinente.

Pergunta 4: A empresa ainda possui obrigações quando a área é transferida de volta para o proprietário?

Resposta: Após a reabilitação a empresa faz a manutenção da vegetação, com combate a insetos, replantio, roçadas e/ou capinas por dois ou três anos, de acordo com o tipo de vegetação plantada. Uma vez evidenciado o controle do escoamento superficial e o estabelecimento da vegetação, a área passa para a responsabilidade do proprietário que fará dela o uso que melhor lhe aprouver.

4.5.2. Representante do órgão ambiental responsável pela fiscalização 1

Pergunta 1: Qual o papel socioeconômico desenvolvido pela mineração de bauxita na cidade de Poços de Caldas?

Resposta: Os reflexos da atividade de mineração se dão especialmente na geração de empregos e consequentemente na economia, sendo claramente identificados no comércio dinâmico e diversificado da cidade. Segundo o Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS), elaborado pela Fundação João Pinheiro, com indicadores de desenvolvimento socioeconômico dos 853 municípios mineiros, Poços de Caldas ocupa o primeiro lugar no quesito “renda” per capita.

O Município possui 13 empresas mineradoras operando em 96 lavras. A contribuição do setor para a economia local não se limita apenas à Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM).

A mineração contribui para o Valor Adicionado Fiscal (VAF), e permite que o município esteja entre os 20 maiores índices de participação na distribuição do ICMS estadual.

Pergunta 2: De acordo com informações extraídas do site do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), o minério de alumínio movimentou mais de 11 milhões de reais no município de Poços de Caldas no ano de 2017, o que acarretou em uma arrecadação de Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) superior a 400 mil reais. O DNPM recomenda que esses recursos sejam empregados diretamente na melhoria da infraestrutura, da qualidade ambiental, saúde e educação. A Lei 13.540/2017 recentemente estabeleceu que, pelo menos 20% das parcelas recebidas pelos Estados, UF e Municípios serão destinados, preferencialmente, para atividades relativas à diversificação econômica, ao desenvolvimento mineral sustentável e ao desenvolvimento científico tecnológico. A prefeitura de Poços de Caldas já possui projetos estabelecidos de como as respectivas receitas deverão ser aplicadas? Se sim, quais?

Resposta: Os valores arrecadados são aplicados em obras de infraestrutura de vias localizadas dentro e fora do perímetro urbano. Cabe destacar que principalmente as estradas vicinais, são bastante utilizadas e imprescindíveis ao escoamento da produção mineral das mais diversas regiões do Município.

Em relação a projetos estabelecidos em conformidade ao que determina a Lei 13.540/2017, existe a intenção de aplicação dos recursos para atualização e implantação do plano de manejo do Parque Municipal de Serra de São Domingos, importante unidade de recarga de vários fontanários de água mineral na região central da cidade.

Pergunta 3: Recentemente, a Companhia Brasileira de Alumínio (CBA) conseguiu licença para explorar 750 mil toneladas de bauxita numa área de 20 hectares de mata atlântica na Serra do Selado. Entretanto, a CBA e a prefeitura decidiram suspender temporariamente esse processo de licenciamento. Este foi um assunto que assumiu repercussão e proporção social nunca anteriormente visto, gerando diversos debates no Conselho Municipal de Defesa e Conservação do Meio Ambiente (CODEMA). Como Presidente do Conselho e Diretora do Departamento de Meio Ambiente, qual sua opinião sobre o assunto e a repercussão gerada?

Resposta: A repercussão gerada pelo tema se deu em razão de equívocos na interpretação do papel do Município, uma vez que em processos de autorização para operação de atividades de mineração, compete a este apenas e tão somente emitir uma declaração de conformidade com os regulamentos administrativos

municipais, para sequência do processo de licenciamento ambiental pelo Estado. Cabe então ao Estado emitir a licença de operação para efetivação da atividade.

Ocorre que o CODEMA deliberou pela emissão da declaração de conformidade, entretanto, determinado conselheiro tinha o entendimento de que a declaração já seria a autorização para realização da atividade e disseminou a informação distorcida em diferentes plataformas de mídia, promovendo uma comoção social do fato. Diante do impasse, houve o recuo da CBA, com o objetivo de que a questão possa ser discutida e adequadamente esclarecida à sociedade.

Pergunta 4: A respeito das práticas de recuperação ambiental empregadas pelas empresas em Poços de Caldas, é desenvolvida uma avaliação desses resultados por parte do órgão regulador que a senhora representa?

Resposta: A fiscalização no que se refere à recuperação da área degradada pela mineração, fica a cargo do órgão estadual responsável pelo licenciamento ambiental da atividade, no caso a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), vinculada ao Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA), formado pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), pelos Conselhos Estaduais de Política Ambiental (COPAM) e de Recursos Hídricos (CERH).

O Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD), definido dentro do Estudo e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), se destina a orientar e especificar as ações que devem ser realizadas para recuperar o uso original, ou para permitir novos usos de áreas cujas características originais sofreram alterações.

Ao Departamento de Meio Ambiente, da Secretaria Municipal de Planejamento, Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, cabe comunicação ao órgão estadual se constatada situação de atividade clandestina, se for o caso.

Pergunta 5: Quais os critérios utilizados para essa avaliação?

Resposta: Os critérios são estabelecidos pelo órgão ambiental estadual quando da emissão da licença ambiental para o empreendimento, e definidos no escopo do EIA/RIMA.

Pergunta 6: Qual a sua opinião técnica formada a respeito da atenção que as empresas de mineração dão ao meio ambiente em Poços de Caldas?

Resposta: Houve significativa melhoria na recuperação de áreas degradadas pela mineração no município de Poços de Caldas, a partir da publicação da Constituição Federal de 1988, que no capítulo dedicado ao meio ambiente, incluiu no parágrafo 2º do artigo 225, a previsão quanto à obrigação daquele que explorar os recursos minerais de recuperar o meio ambiente degradado.

Neste sentido, cabe destacar o art. 1º do Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989, que regulamenta o art. 2º, VIII, da Lei nº 6.938/81, prevendo a inserção do dever de recuperar no processo de estudo da viabilidade ambiental da atividade minerária, estabelecendo que os “empreendimentos que se destinem à exploração de recursos minerais deverão, quando da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e do Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, submeter à aprovação do órgão ambiental competente um plano de recuperação de área degradada.””

A partir de então só houve evolução, com a publicação das mais diversas normas, em nível estadual, tratando do tema.

Cabe destacar ainda que é possível verificar áreas que foram mineradas com as condições restabelecidas muito próximas da conformação original.

4.5.3. Proprietário do imóvel rural 1

Pergunta 1: Quais as atividades são desenvolvidas em sua propriedade e qual sua extensão?

Resposta: Aqui no nosso sítio mexemos com um pouco de tudo. Planta e colho café e milho. Tenho criações de gado, porco e galinha. Meu sítio tem 20 alqueires* de terra.

Pergunta 2: Você está satisfeito com o procedimento de recuperação ambiental utilizado na sua propriedade?

Resposta: Em partes sim, a empresa cumpriu com o que foi acordado.

* A medida de alqueire empregada na região é o Alqueire Paulista, onde 1 alqueire equivale a 24.200,00 metros quadrados.

Pergunta 3: Caso não esteja, o que entende que deveria acontecer de diferente?

Resposta: Eles demoraram mais do que deveria para iniciar a recuperação da área. Apenas depois de seis meses do fim da extração do minério é que a mina foi acertada. Acho que poderiam ter sido mais rápidos. Em relação ao acerto da topografia, acho que faltou inserir algumas cacimbas para a água que vêm da chuva, pois você pode ver que as minhas estradas de acesso à área estão com diversas erosões. E a declividade das estradas poderia ser menos acentuada, será difícil acessá-las sem ser de trator.

Pergunta 4: Foi possível a reutilização do solo no período pós-mineração da maneira desejada?

Resposta: O plantio da Braquiária aconteceu em janeiro de 2018, e me comprometi no contrato que a minha criação de gado será solta no terreno depois de dois anos. Portanto, ainda não utilizei a área.

Pergunta 5: A empresa cumpriu todas as obrigações que foram determinadas no acordo?

Resposta: Até o momento sim. A obrigação contratual da empresa após a retirada do minério é de plantar o que eu escolher e cuidar da área por dois anos. O plantio foi feito no início de 2018, eles continuarão cuidando até janeiro de 2020. Além do plantio ainda arrumaram as estradas que dão acesso ao meu sítio e uma equipe de funcionários da empresa refez grande parte das cercas da minha propriedade com materiais de ótima qualidade.

4.5.4. Representante da Empresa 2

Pergunta 1: Você considera que a empresa aplica boas práticas de recuperação de áreas degradadas?

Resposta: Considero que sim. Está completando 10 anos que estou na empresa, e buscamos sempre aprimorar nossas técnicas de recuperação ambiental, e sempre que encontramos dificuldades ou que alguma recuperação é malsucedida,

estudamos detalhadamente o caso para que não tenhamos a mesma dificuldade em outras áreas.

Pergunta 2: Quais as fontes das boas práticas adotadas?

Resposta: A empresa disponibiliza um acervo com diversos livros, não só para o nosso setor como para todos os outros. Buscamos sempre realizar palestras e minicursos de reciclagem sobre os assuntos ambientais. Nossas práticas também são baseadas no que estamos desenvolvendo no planalto de Poços de Caldas nos últimos 50 anos, período em que pudemos alinhar os conhecimentos teóricos com os práticos, para aprimorar cada vez mais nossas atividades.

Pergunta 3: De acordo com a sua experiência de muitos anos no setor, acredita que os proprietários das terras estão satisfeitos com a recuperação realizada em suas propriedades?

Resposta: Tenho certeza que sim. A empresa adota uma política transparente e extremamente fiel com os superficiários, atendendo todas as cláusulas estabelecidas nos contratos. Além disso a empresa disponibiliza sua equipe para assuntos que fogem a sua obrigação, como por exemplo, georreferenciamento e CAR (Cadastro Ambiental Rural) dos imóveis rurais, buscando sempre auxiliar os superficiários na regularização de suas propriedades.

Pergunta 4: A empresa ainda possui obrigações quando a área é transferida de volta para o proprietário?

Resposta: Sim, no contrato estabelecido entre ambas as partes consta que a empresa dará todo respaldo em relação a manutenção da cultura pelo proprietário ao longo de dois anos, incluindo todas as ações que devam ser tomadas nesta localidade. Após esse período, as obrigações passam a ser do proprietário da terra.

4.5.5. Representante do órgão ambiental responsável pela fiscalização 2

Pergunta 1: O órgão que o senhor representa é responsável por regular o licenciamento ambiental em âmbito estadual em Minas Gerais. O que pode nos falar em relação à mineração de bauxita em Poços de Caldas?

Resposta: Primeiramente gostaria de agradecer por poder contribuir para tão grandioso e importante trabalho. Trabalho neste órgão em Poços de Caldas há 20 anos, e acompanho de perto o papel fundamental que a mineração de bauxita tem na economia local. As mineradoras de Poços de Caldas estão cada vez mais conscientes em termos ambientais, buscando uma mineração sustentável e que preserve ao máximo o meio ambiente. Lógico que como em todos os lugares, acontecem atividades que divergem ao recomendado pela legislação ambiental, e nosso intuito é orientar para a regularização dos empreendimentos, e caso não seja regularizado, aplicar as sanções cabíveis em lei.

Pergunta 2: No período pós-mineração, como acontecem as fiscalizações e avaliações das recuperações ambientais desenvolvidas?

Resposta: De acordo com a Deliberação Normativa Copam nº 217 de 06 de dezembro de 2017, como parte do licenciamento ambiental a empresa tem obrigação de apresentar as diretrizes para o seu fechamento de mina e uso do solo no período pós-mineração. Solicitamos que a empresa envie anualmente um relatório sobre as atividades desenvolvidas em cada empreendimento, e buscamos fiscalizar o maior número de empreendimentos possíveis, tanto presencialmente como pela utilização de imagens aéreas e monitoramento das áreas. Através desses relatórios anuais que devem ser entregues, a empresa deve informar quando ocorrerá a desativação do empreendimento e a recuperação ambiental da área. Dessa forma, tal empreendimento entra no nosso cronograma de empreendimentos a serem visitados para a aprovação do fechamento da mina, o que inclui a avaliação da recuperação ambiental desenvolvida com base na legislação ambiental vigente.

Pergunta 3: Acompanho a mineração de bauxita em Poços de Caldas nos últimos 5 anos e já presenciei diversos casos que a recuperação ambiental ou não ocorreu, ou foi malsucedida. O que tem a dizer em relação a esses casos?

Resposta: Infelizmente como em todo órgão governamental, vivemos um período difícil em termos de recursos disponibilizados e números de funcionários. A SUPRAM Sul de Minas (Superintendência Regional de Meio Ambiente do Sul de Minas Gerais) possui um número reduzido de funcionários para a fiscalização de empreendimentos minerários, o que faz com que alguns casos passem despercebidos e a devida fiscalização não aconteça. Geralmente esses casos são

em regiões remotas, o que dificulta ainda mais a fiscalização, levando em conta que um fiscal em dias de fiscalização chega a fiscalizar até 30 empreendimentos.

Pergunta 4: Existe alguma previsão de melhora em termos de condições de trabalho (recursos e quantidade de funcionários), para que possam ser capazes de desenvolver as atividades da maneira adequada?

Resposta: Essa é uma pergunta difícil de ser respondida. Minas Gerais vem passando por uma reestruturação com esse novo governo. Independente do lado político, temos que enxergar melhoras em todos os setores. Entretanto, o novo governador, por vir da iniciativa privada, incentiva cada vez mais a abertura de novos empreendimentos, o que está aumentando consideravelmente o número de empreendimentos a serem licenciados no nosso estado, e consequentemente sobrecarregando os funcionários. Dessa forma, enquanto não ocorrer o aumento do número de funcionários no nosso quadro efetivo, é impossível desenvolver toda a fiscalização de maneira perfeita.

4.5.6. Proprietário do imóvel rural 2

Pergunta 1: Quais as atividades são desenvolvidas em sua propriedade e qual sua extensão?

Resposta: Possuo alguns imóveis rurais no município, entretanto, aqui onde foi minerado tenho plantação de eucalipto e uma parte é pastagem para cada bovino. Minha propriedade aqui possui 47 alqueires.

Pergunta 2: Você está satisfeito com o procedimento de recuperação ambiental utilizado na sua propriedade?

Resposta: Mais ou menos, a empresa cumpriu com o que foi combinado, mas foi muito demorado.

Pergunta 3: Caso não esteja, o que entende que deveria acontecer de diferente?

Resposta: Eles poderiam ser mais rápidos nas suas ações. Minha propriedade ficou “esburacada” por vários meses, até iniciarem a recuperação da área. Depois que remodelaram o terreno, ainda demoraram mais alguns meses para

realizar o plantio do Eucalipto. Acho que deveriam terminar a extração e já realizar a recuperação ambiental do começo ao fim.

Pergunta 4: Foi possível a reutilização do solo no período pós-mineração da maneira desejada?

Resposta: O plantio do Eucalipto ocorreu em janeiro de 2019, até o momento a plantação está sob os cuidados da empresa, e permanecerá até janeiro de 2021. Ao que tudo indica o Eucalipto está desenvolvendo bem, mesmo que esteja com um número considerável de árvores mortas.

Pergunta 5: A empresa cumpriu todas as obrigações que foram determinadas no acordo?

Resposta: Como citei anteriormente, a empresa está cumprindo com tudo que foi combinado, mesmo que tenha demorado um certo tempo para tomar certas atitudes. Eles também realizaram um trabalho muito refazendo as cercas da minha propriedade, o que me agradou muito.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos constituem o passo inicial na contribuição para o aprimoramento das práticas de recuperação ambiental em área mineradas de bauxita. Após os estudos desenvolvidos, torna-se nítida a necessidade de aprofundar os estudos sobre o tema, sobre cada parâmetro estabelecido, para que assim possa ser aumentada a eficiência do procedimento.

A partir da análise dos resultados, pode-se concluir em relação as minas estudadas que:

I) Alguns procedimentos diferentes poderiam ter sido executados na reconformação topográfica dos terrenos. Na mina 1 o terraceamento foi coerente, as curvas de nível estão em distâncias seguras uma da outra, mas como o escoamento da água ocorria de maneira longitudinal pela mina, seriam necessárias canaletas para que a água não escoasse pelas estradas, e que no fim dessas canaletas existissem cacimbas capazes de suportar o volume de água acumulado, o que não resultaria nos processos erosivos encontrados nas vias de acesso da mina. A mina 2 estava localizada numa região muito íngreme, como no terraceamento as curvas de nível foram implementadas muito distantes uma da outra, ocorreu escoamento irregular de água ao longo do terreno, que pode ter retirado os nutrientes das covas, e assim diminuído a fertilidade do solo para o desenvolvimento das mudas. Outro fator inadequado foi em relação aos blocos rochosos, que a princípio teriam sido retirados e alocados na parte inferior do terreno, mas ocorreram deslizamentos desses blocos em vários pontos da mina, que podem ter causado a mortalidade de várias mudas e ainda poderiam ter acarretado em problemas piores. E por último ocorreu o escorregamento em talude de corte implantado para o delineamento das vias de acesso à plantação, que também é resultante de deficiências na remodelagem do terreno e inclinação do talude. Na mina 3 foram encontrados os mesmos problemas da mina 1. Terraceamento adequado, entretanto, os sistemas finais de drenagens não foram projetados para comportar a quantidade de água escoada no terreno, gerando erosões em diversos pontos da mina, inclusive na principal via de acesso. Com o acervo de informações fornecidas em relação à mina 4 não foi possível detectar deficiências na reconformação topográfica da área;

II) Em relação ao preparo e plantio antes de qualquer ação deveriam ter sido realizadas análises químicas do solo das minas, o que não ocorreu em nenhum dos quatro estudos de caso. A análise química é fundamental para verificar as condições de fertilidade do solo, o que está em deficiência e o que é abundante, sendo que os resultados encontrados são diretamente empregados como base na adubação, para dessa maneira definir o tipo e a quantidade de fertilizante a ser aplicado para o melhor desenvolvimento das culturas. As operações de gradeamento e de calagem foram desenvolvidas apenas uma vez, recomenda-se que aconteçam pelo menos duas vezes, com uma calagem entre as gradagens e outra calagem posterior ao segundo gradeamento. O plantio deveria ter ocorrido entre 60 e 90 dias após essa ação. Nas minas 1, 2 e 3 todos os produtos foram aplicados manualmente e não através do trator com um equipamento acoplado para o espalhamento, o que acarreta em lançamentos desiguais ao longo dos extensos terrenos, resultando em desenvolvimentos assimétricos das culturas. Também em busca de uma ação mais homogênea, o rastelamento poderia ter sido substituído por um trator com uma grade niveladora ou um subsolador acoplado;

III) Os acompanhamentos das minas 1 e 3 conduziram ao que já era esperado: desenvolvimento desigual das culturas empregadas. As minas 2 e 4 possuem apenas um registro fotográfico do acompanhamento das culturas, recomenda-se que sejam elaborados relatórios de monitoramento sobre as áreas recuperadas, com acompanhamentos regulares e acervo fotográfico de todas as datas. Assim, caso esta documentação seja requisitada pelos órgãos reguladores, a mesma já estará pronta;

IV) O Plano de reabilitação da mina 2 contém diretrizes suficientes para a execução dos trabalhos de recuperação ambiental, o que facilita o entendimento dos funcionários para colocar em prática o que foi estabelecido. No entanto, falhas foram observadas. A empresa necessita aprimorar a aplicação das práticas de recuperação ambiental para que possa ser colocado em prática tudo o que foi documentado no licenciamento, e o órgão regulador deve aumentar a rotina de fiscalização para verificar se o que foi documentado está realmente sendo colocado em prática. Em relação à mina 4 não foi elaborado nenhum documento relacionado à recuperação ambiental da área no período pós-mineração e também não foi exigido nenhum documento como parte do licenciamento ambiental;

V) Através das entrevistas foi possível reconhecer o papel fundamental que a mineração tem na região de Poços de Caldas, e que mesmo com algumas deficiências nos programas de recuperação de áreas degradadas, pode-se notar a evolução ao longo dos anos e maior atenção ao assunto por todas as partes envolvidas no processo.

Portanto, fica nítido que os procedimentos adotados podem ser aprimorados. Baseado nas possíveis hipóteses de ocorrência de falhas, pode-se concluir que as empresas devem dar autonomia e fornecer recursos a seus funcionários para que possam desenvolver suas atividades da melhor maneira possível. Verificou-se que uma aplicação mais rigorosa de boas práticas, mesmo que mais complexa e trabalhosa, pode resultar em economias futuras, pois dispensa a necessidade de realização dos procedimentos novamente, situação também observada em outras minas de pequena escala (Jesus e Sánchez, 2013), além de cumprir com a sua obrigação perante os proprietários dos imóveis rurais e os órgãos reguladores. Além das agências governamentais, os proprietários de terras também podem exercer um papel importante para melhorar os resultados, realizando reclamações para a empresa de mineração e para os órgãos reguladores, se a recuperação ambiental não for bem-sucedida.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1999. **NBR 13030: Elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas em mineração.** (ABNT, 1999).

ALMEIDA, R.O.P.O. **Revegetação de áreas mineradas: estudo dos procedimentos aplicados em mineração de areia.** Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP. São Paulo. 160 p. 2002.

ALMEIDA, R.O.P.O. **Indicadores da qualidade do substrato para monitoramento de áreas revegetadas: estudo dirigido à mineração de areia.** Dissertação apresentada para obtenção do título de Doutor. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP. São Paulo. 222 p. 2010.

ALMEIDA, R.O.P.O., SÁNCHEZ, L.E. **Indicadores da Qualidade do Substrato para Monitoramento de Áreas de Mineração Revegetadas.** *Revista Floresta e Ambiente*. v. 22, n. 2, p. 153-163, 2015.

ARONSON, J., DURIGAN, G., BRANCALION, P.H.S. **Conceitos e definições correlatos à ciência e à prática da restauração ecológica.** IF Série Registros, São Paulo, v. 44, p. 1-48, 2011.

BALENSIEFER, L. **Estado da arte em recuperação e manejo de áreas frágeis e/ou degradadas.** In: WORKSHOP DE RECUPERAÇÃO E MANEJO DE ÁREAS DEGRADADAS, Campinas, outubro de 1997 Memórias. Jaguariúna: EMBRAPA - MEIO AMBIENTE. p. 15-18. 1998.

BARROS, D. A. de. **Campos de Altitude sob interferência na mineração de bauxita no planalto de Poços de Caldas, MG** – Tese de Doutorado – Universidade Federal de Lavras. 141p. 2014.

BERNUCCI, L.D., MOTTA, L.M.G., CERATTI, J.A.P., SOARES, J.B. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro – PETROBRAS. 504p. 2006.

BITAR, O. Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na Região Metropolitana de São Paulo**. 1997. 193f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 1997.

BIZUTI, D. T. G. **É possível reverter a degradação do solo provocada pela mineração de bauxita por meio da restauração florestal?** – Tese de Doutorado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Piracicaba. 87p. 2017.

BURTON M., ZAHEDI S., WHITE B. **Public preferences for timeliness and quality of mine site rehabilitation. The case of bauxite mining in Western Australia**. Resources Policy 37, 1–9, 2012.

CARDOZO S. J. **Proposta de modelo para reabilitação de área degradada pela extração de argila e areia no município de Morro da Fumaça/SC**. 2006. 78f. Monografia (Especialização em Gestão de Recursos Naturais) – Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2006.

CAVALCANTE, J. C., CUNHA, H.C.S., CHIEREGATI, L.A., KAEFER, L.Q., ROCHA, J.M., DAITX, E.C., COUTINHO, M.G.N., YAMAMOTO, K., DRUMOND, J.B.V., ROSA, D.B., RAMALHO, R. **Projeto Sapucaí: Relatório Final de Geologia**. Estados de Minas Gerais e São Paulo. Brasília: DNPM/CPRM. 299p. (Série Geológica, 5, Seção Geológica Básica, 2). 1979.

DIAS, A.C. **Reabilitação de áreas mineradas de bauxita em Poços de Caldas, MG**. Apresentado pelo Grupo de trabalho sobre poluição do solo do Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM. Poços de Caldas. 1983.

DIAS, L. **Caracterização de substratos para fins de recuperação de áreas degradadas.** In: DIAS, L.; MELO, J. (Ed.) *Recuperação de Áreas Degradadas*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa/ SOBRADE. p. 27-44. 1998.

DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) – **Maiores arrecadadores de CFEM no ano de 2017 – minério: bauxita.** Disponível em: <https://sistemas.dnpm.gov.br/arrecadacao/extra/Relatorios/cfem/maiores_arrecada_dores.aspx>. Acesso em 20 de março de 2018.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Embrapa mostra como realizar um terraceamento, curva em nível.** 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=tPJzm39kmoQ>>. Acesso em 22 de abril de 2019.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos.** – 2. ed. rev. atual. – (EMBRAPA-CNPS. Documentos). Rio de Janeiro. 212p. 1997.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) – **Perguntas e respostas sobre o plantio de Eucalipto.** 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/eucalipto/perguntas-e-respostas>>. Acesso em 12 de maio de 2018.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) – **Passo a passo para a formação de uma boa pastagem.** 2018. Disponível em: <<http://old.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/naoseriadas/passoapasso/passapasso.html>>. Acesso em 15 de abril de 2018.

FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente) – **Projetos de Recuperação Gradual do Ecossistema da Baía de Guanabara – Indicadores Ambientais de Degradação, Obras e Projetos de Recuperação.** Relatório Final. FEEMA/RJ. 2v. 1990.

IBAMA (Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) - **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: Técnicas de revegetação**. Brasília. 75p. 1990.

IBGE. **Localização de Poços de Caldas**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/pocos-de-caldas.html>>. Acesso em 12 de março de 2020.

JESUS, C.C.; SÁNCHEZ, L.E. **The long post-closure period of a kaolin mine**. REM: Revista Escola de Minas, v. 66, n.3, p. 363-368, 2013.

KABIR, S.M.Z., RABBI, F., CHOWDHURY, M.B., AKBAR, D. **A Review of Mine Closure Planning and a Practice in Canada and Australia** – World Review of Business Research 5(3): 140-159, 2015.

LAMB, D., ERSKINE, P.D., FLETCHER, A. **Widening gap between expectations and practice in Australian minesite rehabilitation**. Ecological Management & Restoration 16(3): 186-195. 2015.

LAMB, D., GILMOUR, D. **Rehabilitation and restoration of degraded forests**. Gland: IUNC – The World Conservation Union. 122p. 2003.

MANZINI, E.J. **Considerações sobre a elaboração de roteiro para entrevista semi-estruturada**. In: MARQUEZINE: M. C.; ALMEIDA, M. A.; OMOTE; S. (Orgs.) Colóquios sobre pesquisa em Educação Especial. Londrina: Eduel, 2003. p.11-25.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Indicadores Ambientais**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informacoes-ambientais/indicadores-ambientais>>. Acesso em 06 de maio de 2018.

MORAES, L.F.D., CAMPELLO E.F.C., FRANCO, A.A. **Restauração florestal: do diagnóstico de degradação ao uso de indicadores ecológicos para o monitoramento das ações**. Oecologist Australis, Rio de Janeiro, v.14, n. 2, p. 437-451, 2010.

MOREIRA, P.R. **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, Poços de Caldas, MG.** Tese apresentada para obtenção do título de Doutor. Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. 139p. 2004.

MORENO, V.S. **Restauração florestal de áreas mineradas de bauxita: é necessário o uso de gramíneas exóticas para o recobrimento inicial do solo?** Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Piracicaba. 70p. 2015.

MUNSHOWER, F. **Practical handbook of disturbed land revegetation.** Boca Raton: Lewis Publishers. 265p. Cap 3 e 4. p. 57-138. 1994.

NERI, A.C., SÁNCHEZ, L.E. **Guia de boas práticas de recuperação ambiental em pedreiras e minas de calcário** – São Paulo, ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2012.

PREZOTTI, L.C. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar.** Vitória, ES: Incaper, 2013. 104 p.

SÁNCHEZ, L.E. **Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais.** São Paulo: Edusp. 254 p. 2001.

SÁNCHEZ, L.E. **Estratégias de gestão em recuperação de áreas degradadas por mineração: planejamento e gestão do processo de recuperação de áreas degradadas.** In: ALBA, J.M.F. (Ed.) Recuperação de áreas mineradas. Brasília. EMBRAPA Informação Tecnológica. p. 103-122. 2010.

SÁNCHEZ, L.E. **Planejamento e gestão do processo de recuperação de áreas degradadas.** In: FILIPPINI-ALBA, J.M. (org.), Recuperação de áreas mineradas: a visão dos especialistas brasileiros. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 150p. 2007.

SÁNCHEZ, L.E. **Princípios de gerenciamento ambiental e sua aplicação à indústria de mineração**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GERENCIAMENTO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA, 1, 1992, São Paulo. Anais... São Paulo: Signus. p. 127-134. 1992b.

SEMAD (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável). **Autorização para o funcionamento de empresas com impacto ambiental não significativo**. 2018. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/suprams-regionais/533>>. Acesso em 11 de julho de 2019.

SEMAD (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável). **Superintendências Regionais de Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/suprams-regionais>>. Acesso em 02 de maio de 2018.

SER (Society for Ecological Restoration) - **Primer on Ecological Restoration**. Society for Ecological Restoration, Tucson. 2004.

WEISSBERG, I. **Estudo de Reabilitação de solos em áreas bauxíticas mineradas em Poços de Caldas (MG): Uma abordagem ambiental e uma contribuição técnica para otimização**. Tese de Doutorado – Instituto de Geociências; Universidade de São Paulo. São Paulo. 148p. 1995.

WILIAMS, D.D. **Reabilitação de minas de bauxita exauridas em Poços de Caldas, MG**. Coletânea de Trabalhos Técnicos sobre Controle Ambiental na Mineração. Ed. DNPM, Brasília. 52 p. 1985.

WILLIAMS, D.D. **Memorial da Companhia Geral de Minas: seus 65 anos (1935 – 2000) e apontamentos da mineração no planalto de Poços de Caldas**. Poços de Caldas, Alcoa. 151 p. 2001.

WILLIAMS, D.D.; BUGIN, A; REIS, J.L.B., coords. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília: Ibama. 96p. 1990.

APÊNDICES

Apêndice A – Termo em que o aluno se compromete a não divulgar a identidade dos entrevistados.

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral – PPGEMin

Tema: Avaliação das práticas de recuperação ambiental na mineração de bauxita no planalto de Poços de Caldas e proposta de aprimoramento.

RESUMO DO PROJETO

A mineração de bauxita no planalto de Poços de Caldas ocorre desde os anos de 1940 e foi pioneira no país em reabilitação de áreas degradadas, que vem sendo feita desde o início dos anos de 1980, empregando diferentes procedimentos de drenagem de águas pluviais, preparo do solo e plantio de vegetação. Esta pesquisa tem o intuito de avaliar as práticas recentes de recuperação ambiental empregadas na região, e, caso necessário, propor medidas para aprimoramento. Serão selecionadas áreas com diferentes idades de reabilitação. As práticas adotadas em minas recentemente reabilitadas e em fase final de operação serão avaliadas por meio de um procedimento de identificação dos problemas, baseado em observações de campo, análise de documentos, análises de solos e entrevistas. Serão entrevistados técnicos de empresas de mineração, funcionários do órgão ambiental fiscalizador e os proprietários das áreas. Espera-se que, se forem encontrados resultados insatisfatórios, o procedimento adotado seja capaz de identificar as causas e as práticas deficientes, de modo que possam ser encaminhadas soluções para as práticas (de planejamento, operacionais ou de gestão), para que tais atividades sejam aprimoradas e o solo seja reutilizado de forma a atender às expectativas das partes interessadas.

Pesquisadores:

Luis Enrique Sánchez – Orientador

Carlos Eduardo Silva Melo – Aluno de mestrado

- O objetivo dessa entrevista é colher informações a respeito da opinião do entrevistado;
- Os entrevistados não terão suas identidades reveladas ao longo da pesquisa.

Firmo total comprometimento com as informações declaradas acima,

CARLOS EDUARDO SILVA MELO