

UNIVERSIDADE SANTO AMARO
Curso de Engenharia Ambiental

Márcio Antonio da Silva Costa

PRAD: PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS
DA EMPRESA IMERYS RCC. MINERAÇÃO DE CAULIM E LAVRA A
CÉU ABERTO, NA MINA RCC NO MUNICÍPIO DE IPIXUNA DO PARÁ
LOCALIZADA NO ESTADO DO PARÁ.

Belém
2024

Márcio Antonio da Silva Costa

PRAD: PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS
DA EMPRESA IMERYS RCC. MINERAÇÃO DE CAULIM E LAVRA A
CÉU ABERTO, NA MINA RCC NO MUNICÍPIO DE IPIXUNA DO PARÁ
LOCALIZADA NO ESTADO DO PARÁ.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Ambiental da Universidade
Santo Amaro – UNISA, como requisito parcial para
obtenção do título Bacharel em Engenharia Ambi-
ental.

Orientador: Prof.Me.Marcos Henrique Araújo.

Belém
2024

C87p

Costa, Márcio Antonio da Silva

PRAD: programa de recuperação de áreas degradadas da empresa Imerys RCC. Mineração de Caulim e Lavra a céu aberto, na mina RCC no município de Ipixuna do Pará localizada no estado do Pará / Márcio Antonio da Silva Costa. – São Paulo, 2024.

80 p. : il., color.

Orientador: Prof. Me. Marcos Henrique Araújo.

TCC Graduação. (Curso Superior em Engenharia Ambiental) - Universidade Santo Amaro, 2024.

Bibliografia incluída.

1. Mineração. 2. Degradação ambiental. 3. Recuperação de áreas degradadas. 4. Código de mineração. 5. Legislação ambiental. 5. Gestão ambiental. I. Araújo, Marcos Henrique. II. Universidade Santo Amaro. III. Título.

CDD 628.7

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre me acompanhar na jornada da vida e ao nosso senhor Jesus Cristo que ilumina meus caminhos e me guia nessa longa caminhada, tornando possível a realização deste curso de graduação. Agradeço aos meus pais, Maria e Francisco, e à minha irmã Isabela, aos meus avós Joana e Antônio por sempre me apoiarem e incentivarem o meu desenvolvimento pessoal e profissional. Ao prof. Marcos Henrique Araújo, por ter me orientado durante a realização deste trabalho. A IMERYS S/A por ter sido a fonte principal dos dados deste trabalho e por todas as oportunidades de crescimento pessoal e profissional. Em especial aos meus amigos e amigas e todos os colegas de trabalho, essenciais durante a construção deste trabalho de conclusão de curso e ao longo de toda a minha graduação. Palavras nunca serão suficientes para demonstrar todo o carinho e consideração que sinto por todos. Gratidão! ontem, hoje e para todo o sempre.

“Sorte é o que acontece quando a preparação encontra a oportunidade”.

Sêneca.

Música: Martinho da Vila - O Pequeno Burguês.

RESUMO

A extração mineral é uma atividade praticada desde a antiguidade fazendo parte do cotidiano da humanidade no passado, presente e no futuro. Tal prática no Brasil, mais especificamente na região norte no estado do Pará, possui grande relevância econômica e social. Porém, sabe-se que essa atividade abrange uma série de impactos ao meio ambiente e à qualidade de vida de um ecossistema e das comunidades que estão no entorno dessas operações. A crescente escala de produção mineral tem exigido olhares mais atentos para as questões socioambientais. Devido a uma série de impactos negativos e problemas decorrentes de ações antrópicas mais especificamente ações do homem e da atividade de mineração, a partir desses impactos desenvolveu-se legislação específica para tratar de tais questões, com vistas à conservação ambiental, mas ainda há a necessidade de pesquisas e aplicação de boas práticas visando o bem estar da sociedade e do meio ambiente. Este estudo reúne uma série de informações sobre degradação ambiental, práticas de recuperação e requisitos legais, normas e condicionantes para compensação do meio ambiente. Por fim, o estudo evidencia as estratégias de RAD (Recuperação de Áreas Degradadas) e de gestão aplicadas no que se refere à recuperação ambiental, de uma grande operação de lavra a céu aberto. A IMERYS RCC Possui um bom nível de conformidade, contribuindo para o restabelecimento da área degradada e a sua devida recuperação ocasionada pela atividade de mineração a céu aberto de Caulim.

Palavras-chave: Mineração; degradação ambiental; recuperação de áreas degradadas; código de mineração; legislação ambiental; gestão ambiental.

ABSTRACT

Mineral extraction has been an activity practiced since ancient times and has been part of humanity's daily lives in the past, present and future. This practice in Brazil, more specifically in the northern region of the state of Pará, has great economic and social relevance. However, it is known that this activity involves a series of impacts on the environment and the quality of life of an ecosystem and the communities that are in the vicinity of these operations. The increasing scale of mineral production has required closer attention to socio-environmental issues. Due to a series of negative impacts and problems resulting from anthropic actions, more specifically human actions and mining activities, specific legislation has been developed to address these issues, with a view to environmental conservation, but there is still a need from research and apply good practices aimed at the well-being of society and the environment. This study brings together a series of information on environmental degradation, recovery practices and legal requirements, standards and conditions for environmental compensation. Finally, the study highlights the RAD (Recovery of Degraded Areas) and management strategies applied in relation to the environmental recovery of a large open-pit mining operation. IMERYS RCC has a good level of compliance, contributing to the reestablishment of the degraded area and its due recovery caused by the open-pit mining activity of Kaolin.

Keywords: mining; environmental degradation; recovery of degraded areas; mining code; environmental legislation; environmental management.

Lista de Siglas

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANM - Agência Nacional de Mineração
APP - Área de Preservação Permanente
CETEM - Centro de Tecnologia Mineral
COEMA - Conselho Estadual de Meio Ambiente
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CRFB - Constituição da República Federativa do Brasil
DGFLOR - Diretoria de Gestão Florestal
DILAP - Diretoria de Licenciamento de Atividades Poluidoras
DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral
DREH - Diretoria de Recursos Hídricos
EIA - Estudo de Impacto Ambiental
EPIA - Estudo Prévio de Impacto Ambiental
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração IEF – Instituto Estadual de Florestas
LA - licenciamento Ambiental
LI - Licença de Instalação
LO - Licença de Operação
LP - Licença Prévia
MMA - Ministério do Meio Ambiente
MME - Ministério de Minas e Energia
PFM - Plano de Fechamento de Mina
PIB - Produto Interno Bruto
PNMA - Política Nacional de Meio Ambiente
PRAD - Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
RAD - Recuperação de Áreas Degradadas
RIMA - Relatório de Impacto Ambiental
RCC - Rio Capim Caulim
RIAA - Relatório de Informação Ambiental Anual
RIMA - Relatório de Impacto ao Meio Ambiente
RL - Requisito Legal
SEMAS - Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade

SGA - Sistema de Gestão Ambiental

SGI - Sistema de Gestão Integrada

Lista de Figuras

Figura 1: Método de Lavra a Céu Aberto.	17
Figura 2: Método de Lavra Sunterrânea.....	18
Figura 3: Mapa de Áreas Auríferas.	19
Figura 4: Localização Mina de Caulim RCC.....	33
Figura 5: Geologia da Jazida.....	36
Figura 6: Deposição das Unidades do Minério de Caulim.....	37
Figura 7: Mina RCC Ipixuna do Pará.....	37
Figura 8: Recolocações da Camada Orgânica Sobre a Área a Revegetar.	44
Figura 9: Evidência da Transferência do Material Vegetal.	45
Figura 10: Ilustração da Disposição de Abrigos de Fauna no Plantio Maciço.	48
Figura 11: Ilustração do Desenvolvimento da Cadeia Alimentar na Nucleação por Galharias.	49
Figura 12: Implementação de Galharias para a Recuperação de Áreas Degradadas.	49
Figura 13: Revegetação de Taludes – a: Atividade de coveamento; b: Aplicação da manta vegetal projetada (MVP); c: Talude Revegetado; d: Estágio de Desenvolvimento após 13 dias de Revegetação.....	51
Figura 14: Evidência de Aplicabilidade de Lenha para Implementação de Manta Geotêxtil no Controle de Erosões.....	53
Figura 15: Utilização da Lenha para Fixação dos Retentores de Sedimentos.	53
Figura 16: Mudas Imerys RCC, Mina RCC Ipixuna do Pará – Pa.	56
Figura 17: Preparo de Mudas para o Plantio, Mina RCC Ipixuna do Pará – Pa.	60
Figura 18: Abertura de Covas, Mina RCC Ipixuna do Pará – Pa.....	62
Figura 19: Aplicação de Calcário, Mina RCC Ipixuna do Pará – Pa.....	65
Figura 20: Vegetação Plantada, Mina RCC Ipixuna do Pará – Pa.	68
Figura 21: Realização do Plantio, Mina RCC Ipixuna do Pará – Pa.....	69
Figura 22: Avaliação Fotográfica (antes), Mina RCC Ipixuna do Pará – Pa.....	69
Figura 23: Avaliação Fotográfica (depois), Mina RCC Ipixuna do Pará – Pa.	70

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	16
3	MATERIAS E MÉTODOS	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	69
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
	REFERÊNCIAS.....	74

1. Introdução

Os principais problemas que ocorrem nos ecossistemas naturais estão relacionados a ações antrópicas que exploram determinadas áreas, modificando as paisagens para extração dos recursos minerais e biológicos. Essas explorações ocorrem geralmente em grande escala, provocando sérios danos às relações bióticas e abióticas naturais existentes, provocando impactos ambientais adversos, ocasionando a supressão ou inserção de certos elementos no ambiente, ou ainda sobrecarga – fatores de estresse além da capacidade de suporte do meio – que gera desequilíbrios e afeta todo o meio ambiente (SÁNCHEZ, 2008).

O Brasil é caracterizado por marcante geodiversidade que lhe confere expressivo potencial mineral equiparando-o às grandes potências mundiais da mineração como EUA, Rússia, Canadá, Austrália e África do Sul. O reaquiamento do setor mineral mundial a partir do início desse século, após período de situação adversa vivenciado nas décadas de 1980 e 1990, revelou já naquele momento, um novo e duradouro desafio ao setor mineral: a promoção da sustentabilidade para os próximos anos (CABRAL JUNIOR et al., 2008).

A recuperação das áreas degradadas com vistas a tornar a área minerada apta para um novo uso sustentável e duradouro, segundo Neri e Sánchez (2010), é uma das etapas cruciais no ciclo de vida de um empreendimento minerário. Dada à significância dos impactos negativos da mineração (MECHI; SÁNCHEZ, 2010), o artigo 225 da Constituição Federal de 1988 exige a Recuperação de Áreas Degradadas (RAD) pela mineração por parte do minerador (BRASIL, 1988), devendo este elaborar Plano de Recuperação da Áreas Degradadas (PRAD) ao final da sua fase produtiva (BRASIL, 1988). Com relação à importância da previsão da alocação de recursos financeiros para recuperação da área degradada, enfatizam a necessidade do estabelecimento de critérios de negociação entre o poluidor – minerador – e a comunidade afetada. Apesar disso, não há marco legal brasileiro específico que assegure garantia financeira para o plano de fechamento da mina (ALMEIDA; LIMA, 2008).

A crescente demanda por bens minerais vem proporcionando a procura e descoberta de depósitos minerais em todo o território brasileiro. O estado do

Pará aponta como um dos principais estados exportadores de diversos tipos de minerais. Dentre os minérios extraídos no estado, destaca-se o caulim, minério argiloso com diversas aplicações no mercado mundial. A IMERYS RCC (Rio Capim Caulim) fica localizada no município de Ipixuna do Pará no estado do Pará, a mina RCC é a maior operação de lavra de caulim a céu aberto do mundo.

O termo caulim ou “China Clay” deriva da palavra chinesa Kauling (colina alta) e se refere a uma colina de Jauchau Fu, ao norte da China, onde o material é obtido, há muito tempo. Nesse local, os chineses utilizavam essa argila na manufatura de porcelanas finas, sendo esta a razão de ser comercialmente conhecido também, como “China Clay” (SILVA, 2001).

Portanto, destaca-se nesse trabalho de conclusão de curso o PRAD da IMERYS RCC (Rio Capim Caulim) que realiza diversas atividades relacionadas a recuperação de áreas degradadas, com o objetivo de atender a legislação e todas as partes interessadas, sempre promovendo a sustentabilidade nas suas operações de lavra e beneficiamento de caulim, gerando produtos de excelente qualidade e com respeito ao meio ambiente e seus clientes em nível global. Esse trabalho de conclusão de curso consiste em uma revisão de literatura.

Problema

O impacto das atividades da mineração é uma questão de preocupação ambiental que desafia o desenvolvimento sustentável em diversas partes do mundo. Os danos causados ao ambiente terrestre se refletem na: diminuição da cobertura verde; contaminação do solo; perda parcial ou total da fauna e flora, incluindo ecossistemas florestais; redução da quantidade e qualidade dos recursos hídricos; poluição do ar e na saúde e habitação humana ou ambos. Por estas razões, a cobertura vegetal exerce um papel fundamental no equilíbrio dos sistemas e é considerado um indicador desejável da qualidade ambiental (SGI IMERYS, 2017).

A redução da cobertura vegetal resulta em erosão do solo. Por esse processo, ocorre a mobilização e transporte de partículas do solo, causando principalmente perdas das frações de partículas finas e menos densas, incluindo partículas de húmus e argila, ambas importantes transportadoras de nutrientes do

solo e agentes estabilizadores para propriedades físicas dos solos. A maior exposição do solo e a erosão facilita o arrasto de sedimentos até atingirem os corpos d'água através de canais laterais, afetando a qualidade dos recursos hídricos; os solos são contaminados; parte ou total da flora e fauna se perde; e o ar fica poluído (SGI IMERYYS, 2017).

A magnitude e o grau de importância do impacto ambiental devido à mineração, variam de mineral para mineral e também com o potencial do ambiente circundante em absorver os efeitos negativos da mineração (disposição geográfica dos depósitos minerais e tamanho das operações de mineração).

Objetivo Geral

Esse estudo tem como objetivo demonstrar o PRAD - Programa de Recuperação de Áreas Degradadas ou alteradas Implementado na empresa IMERYYS RCC, consiste em um instrumento de planejamento das ações necessárias visando à recuperação da vegetação nativa, o qual deve apresentar diagnóstico ambiental da área degradada ou alterada, os métodos e técnicas a serem utilizados e estabelecer cronograma de atividades de controle, monitoramento e manutenção das ações e atividades executadas do PRAD, que visam atender a legislação vigente, objetivando minimizar o impacto ambiental negativo e recuperar as áreas onde ocorreram as atividades de mineração e lavra de Caulim (SGI IMERYYS, 2017).

Estabelecer e desenvolver critérios e ações que devem ser seguidas antes e durante a execução da Recuperação de Áreas Degradadas na Mineração e Restauração de Áreas de Preservação Permanente no entorno das operações da Mina RCC.

As evidências do trabalho realizado pela empresa IMERYYS RCC é frequentemente solicitado por órgãos ambientais com intuito de acompanhar e verificar se o PRAD está em conformidade com as leis vigentes para promover um processo de licenciamento de atividades que venham a alterar uma área, ocasionando um impacto ambiental no local. Dessa forma, O PRAD precisa apresentar uma série de instruções, métodos e materiais que auxiliem na recuperação das áreas afetadas. Tudo deve ser feito conforme procedimento e instruções de

trabalho estabelecidas pela empresa IMERYYS RCC e de acordo com um planejamento pré-definido (SGI IMERYYS, 2017).

A partir desse estudo pode-se demonstrar que o Programa de Recuperação de Áreas Degradadas da empresa IMERYYS RCC tem como fundamento na execução do PRAD seguir as diretrizes conforme estabelece a legislação vigente para a recuperação das áreas degradadas pela exploração mineral, conforme o decreto-lei e seus respectivos artigos (DECRETO No 97.632, DE 10 DE ABRIL DE 1989.) desenvolvendo ações de controle, adotando medidas de minimização da ação dos agentes erosivos e recuperação ambiental das áreas afetadas (SGI IMERYYS, 2017).

Objetivos Específicos

O PRAD da empresa IMERYYS RCC, ao descrever e apresentar diretrizes para recuperar os locais degradados devido as atividades de mineração e lavra a céu aberto, por meio de ações de controle e medidas de minimização desses impactos causados ao meio ambiente (SGI IMERYYS, 2017).

Implementar ações para controle ambiental, que devem ser desenvolvidas antes, em conjunto com a supressão vegetal (o intuito é acelerar e enriquecer o procedimento proposto para recuperar a área em estudo);

Efetivar a recuperação de áreas que foram perturbadas pelo empreendimento, promovendo uma estabilidade que possibilite sua utilização futura de maneira segura e sustentável;

Elaborar formas de atrair a fauna do local recuperado como estratégia de atração de populações de espécies que viviam na área ocupada pelo empreendimento antes de sua implementação;

Monitorar os locais recuperados e avaliar o grau de efetividade das práticas;

Recuperar a área, bem como identificar possíveis desvios feitos no decorrer da aplicação do PRAD Programa de Recuperação de Áreas Degradadas na Mina RCC. (SGI IMERYYS, 2017)

Revisão de Literatura

As informações apresentadas são frutos de pesquisa bibliográfica nas bibliotecas, internet, consulta a órgãos governamentais e principalmente o procedimento operacional da empresa IMERYYS RCC e trabalhos documentados no SGI da empresa (Sistema de Gestão Integrada), referente ao PRAD (Programa de Recuperação de Áreas Degradadas) na unidade da IMERYYS RCC localizada na cidade de Ipixuna do Pará.

Justificativas

É princípio constitucional de o minerador proceder à devida recuperação da área degradada ante os impactos oriundos da lavra de uma jazida, visando cumprir com a função socioambiental da propriedade com vocação mineral devolvendo-a para usos futuros (SGI IMERYYS, 2017).

A Constituição da República Federativa do Brasil, no capítulo VI, estabelece no Artigo 225, parágrafo 2º, que “aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei”. O Decreto 97.632, de 10/04/1989, regulamentou a Lei 6.938/86, no que se refere à recuperação de áreas degradadas pela atividade de mineração. Segundo o referido decreto, os empreendimentos no setor mineral deverão apresentar ao órgão competente o Plano de Recuperação das Áreas Degradadas pela atividade de mineração como um documento integrante do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) (IBAMA, 1990).

Hipótese

Em princípio, as áreas ou recursos afetados pela mineração devem ser devolvidos a uma condição segura e produtiva por meio da reabilitação, o que pode ou não envolver o retorno às condições pré-mineração. A recuperação deve ser uma atividade contínua ao longo da vida da operação bem como após o fechamento da mina. O processo de recuperação de áreas degradadas requer

um planejamento adequado, deve ser realizado paralelo ao processo de exploração da mina e consiste de diversas fases:

- Avaliação quantitativa e qualitativa do grau da degradação;
- Avaliação da extensão da área na qual a alteração está ocorrendo;
- Significado ecológico da degradação;
- Esforços técnicos e econômicos necessários para recuperação;
- Análise dos riscos à saúde e segurança das comunidades afetadas no

entorno das operações de lavra;

- Uso do solo circunvizinhos;

Este plano destina-se a orientar e especificar as ações que devem ser planejadas, projetadas e realizadas para recuperar áreas afetadas, ou para permitir novos usos, de áreas cujas características originais sofreram alterações. A utilização da recuperação florestal, como compensação, é uma medida que tem como objetivo a melhoria do meio biótico, compreendendo a manutenção das especificidades da flora e fauna locais, estabelecendo conexões entre fragmentos florestais remanescentes (SGI IMERYS, 2017).

2. Referencial Teórico

Mineração

A mineração se trata de uma atividade econômica e industrial exercida pelo ser humano desde a antiguidade. Consiste na extração e no beneficiamento de minérios da superfície e do subsolo (SOUSA, 2024).

A mineração corresponde à uma atividade econômica e industrial que se inicia na pesquisa e avança para a exploração, lavra (extração) e beneficiamento de minérios. Essa atividade é uma das grandes responsáveis pela atual configuração da sociedade em que vivemos, visto que diversos produtos e recursos utilizados por nós são provenientes dessa atividade, como computadores, cosméticos, estradas, estruturas metálicas, automóveis, navios, aviões, tecnologias, construções em geral, entre outros (SOUSA, 2024).

Assim, é possível dizer que a mineração está em tudo que nos cerca e é indispensável ao desenvolvimento socioeconômico. Contudo, a atividade mineradora é responsável por diversos problemas provocados no meio ambiente (SOUSA, 2024).

Na mineração podemos encontrar métodos de lavra, que consiste nas técnicas de extração do minério que levam em conta aspectos sociais, econômicos e ambientais, bem como as tecnologias que precisam ser empregadas na área destinada à atividade em virtude da forma e da posição geográfica em que o depósito do minério está localizado, ou seja, o aspecto geológico (SOUSA, 2024).

Na escolha do método, deve-se levar em consideração também as questões de segurança, saúde e higiene, a fim de garantir a vida útil da mina a ser explorada e de seus funcionários que nela atuam. Isso significa que selecionar o método errado além de ser inviável economicamente, pode provocar diversos riscos negativos e problemas ambientais (SGI IMERYYS, 2017).

Existem diversos métodos de lavra que variam segundo os métodos de extração empregados de acordo com a posição, localização geográfica e profundidade dos depósitos minerais. Em muitas minas, são empregados mais de um método de lavra. Os dois principais correspondem ao ambiente em que se desenvolve a atividade de mineração (SGI IMERYYS, 2017).

Figura 1 Método de Lavra a Céu Aberto.



Fonte: IBRAM, 2021.

O método de lavra a céu aberto refere-se à extração de minérios que são encontrados em depósitos com menor profundidade, ou seja, as jazidas estão localizadas bem próximas à superfície. Normalmente, esse método explora o minério até o seu esgotamento. Os principais métodos de lavra a céu aberto são:

- Encostas;
- Tiras;
- Cavas;
- Fatias;
- Lavra por dissolução.

Figura 2 Método de Lavra Subterrânea.



Fonte: Revista Notícias da Mineração, 2021.

O método de lavra subterrânea refere-se a extração de minérios que são encontrados em depósitos mais profundos, ou seja, as jazidas estão afastadas da superfície. Nesse método, o minério deve ser delimitado via sondas por meio dos serviços de topografia. O método de lavra subterrânea possui variações como:

- Métodos com Realces Autoportantes;
- Métodos com Realces Encaixantes;
- Métodos com Abatimento.

Mineração no Brasil

A mineração no Brasil Colonial iniciou-se no século XVIII, durante o período em que o Brasil era colonizado por Portugal. O principal mineral extraído durante essa época era o ouro. O apogeu da época da mineração no Brasil colonial ocorreu entre 1750 a 1770 e deu início à povoação da região central do país. A segunda metade do século XVII foi uma fase de profunda estagnação econômica para a metrópole portuguesa e suas colônias. A retomada do desenvolvimento da lavoura açucareira do Nordeste brasileiro não apresentava perspectivas de êxito, pois o mercado internacional desse produto atravessava um turbulento período, marcado pela desenfreada competição entre as nações colonialistas. Assim, tanto a coroa lusitana quanto os colonos brasileiros compreenderam que o único recurso para a manutenção da estabilidade político-econômica do mundo português consistia na descoberta de metais preciosos. Logo, a partir da Capitânia de São Vicente, assolada pelo espectro da pobreza, o bandeirismo saíria em busca de riquezas minerais ocultas no sertão (EDUCABRAS, 2024).

Prontamente, o governo de Lisboa, também interessado em fugir do colapso econômico, estimulou os bandeirantes à prospecção aurífera, dando-lhes relativa ajuda técnica e prometendo honrarias, cargos e patentes militares na eventualidade de sucesso (EDUCABRAS, 2024).

As expedições vicentinas que inauguraram o “grande ciclo do ouro”, foram as de Garcia Rodrigues Pais e Antônio Rodrigues Arzão. Este último, partindo de Taubaté em 1693 (encontrou metais preciosos na região do rio Casca, em Minas Gerais). Sua descoberta foi imediatamente comunicada ao governador Sebastião de Castro Caldas que, do Rio de Janeiro, transmitiu o fato a Lisboa (EDUCABRAS, 2024).

Figura 3 Mapa de Áreas Auríferas.



Fonte: EDUCABRAS, 2024.

No ano seguinte, de posse de um rústico roteiro que lhe fora fornecido por Arzão, o bandeirante paulista Bartolomeu Bueno de Siqueira constatou a presença de veios auríferos nas proximidades do rio das Velhas, também nas Gerais.

Em 1698, Antônio Dias de Oliveira, encabeçando uma “bandeira” de cinquenta homens, descobriu as jazidas de Ouro Preto.

Dois anos depois, Manuel de Borba Gato – na época um fugitivo da justiça, localizou os depósitos auríferos de Sabará.

Nas primeiras décadas do século XVIII, em decorrência das violentas lutas travadas entre paulistas e portugueses pela posse das minas da região das Gerais (guerra dos emboabas), o bandeirismo vicentino, tendo como ponto de partida a vila de Sorocaba, encaminhou-se para os sertões do Centro-Oeste. Em 1719, Pascoal Moreira Cabral verificou a existência de imensas reservas de ouro em Cuiabá. Anos depois, em 1726, Bartolomeu Bueno da Silva, também conhecido como Anhangüera, descobriu as opulentas jazidas auríferas de Goiás, situadas nas Bacias do Tocantins e Araguaia.

O contexto histórico em que surgiram as primeiras descobertas auríferas em terras brasileiras apresentava as seguintes características:

- Graças à eclosão da revolução industrial, a economia europeia completava a transição do sistema feudal para o modo capitalista de produção.
- A supremacia mercantil dos holandeses estava sendo progressivamente substituída pelo primado industrial britânico.
- A associação de interesse entre a camada dominante portuguesa e o capital comercial holandês cedia lugar à subordinação econômica de Portugal à Grã-Bretanha.
- A economia colonial brasileira conhecia uma etapa de crise, provocada pelo surgimento de outras áreas coloniais de produção açucareira, notadamente a holandesa, nas Antilhas.

A mineração nas Gerais, que resultou da experiência adquirida pelos vicentinos nas incursões preadoras e na descoberta do ouro aluvional, apresentou os seguintes aspectos:

- Não exigia tecnologia sofisticada.
- Dispensava mão de obra especializada.

Ocorreu no interior da colônia, exigindo, em consequência, vias de circulação entre a zona aurífera e o litoral.

- Obrigava o contínuo deslocamento dos exploradores, pois os depósitos de minerais nobres estavam situados na superfície e se esgotavam rapidamente.
- Não demandavam grandes investimentos de capital.
- Utilizava, fundamentalmente, o braço escravo africano.

Tendo início numa época de crise da economia açucareira, o ciclo do ouro gerou diversas alterações na vida do Brasil Colônia (EDUCABRAS, 2024).

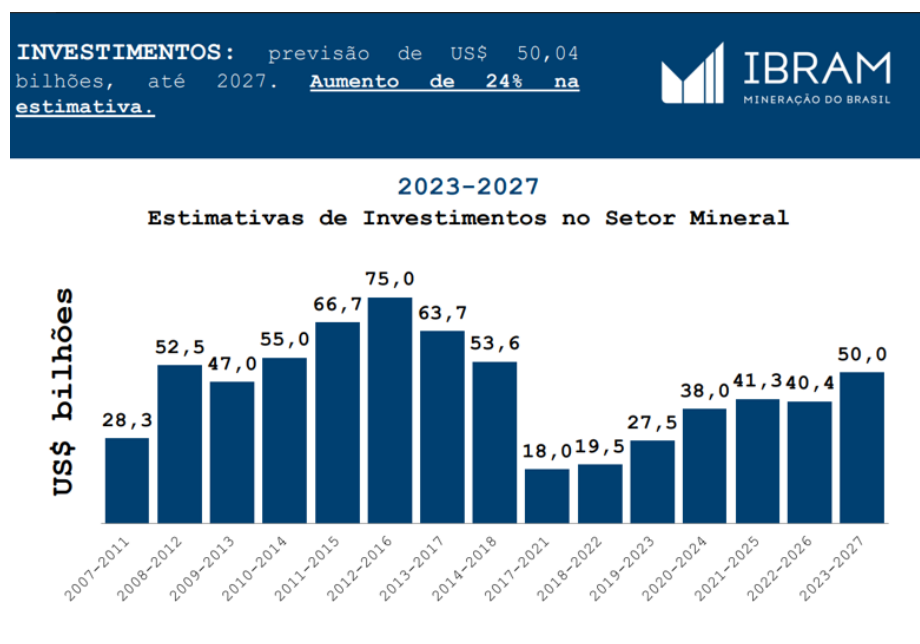
A mineração atraiu para a região das Gerais elementos marginalizados pela crise do latifúndio açucareiro e portugueses de recursos limitados, atraídos pela miragem do enriquecimento rápido. A ocupação do Centro-Sul, provocada pela mineração, processou-se em três lances sucessivos. O primeiro foi responsável pelas aglomerações urbanas de São João del-Rei, Vila Rica, Mariana, Caeté, Sabará, Vila do Príncipe e Arraial do Tijuco (onde se explorariam os diamantes). Mais tarde, em torno desses núcleos, surgiram outros: Minas do Rio Verde (1720), Minas do Paracatu (1744), Minas do Itajubá (1723) e Minas Novas (1726).

O segundo núcleo da ocupação originado pela atividade mineradora localizar-se-ia no território do Mato Grosso. A descoberta de ouro em Cuiabá, em 1719, provocou a fundação de inúmeros arraiais em torno de Vila Bela, aldeia então erigida e, desde 1747, capital da Província de Mato Grosso. O terceiro e último centro de povoamento resultante da mineração foi Goiás, onde Vila Boa e diversos entrepostos ribeirinhos dos rios Claro e Pilões foram edificadas em meados do século XVIII (EDUCABRAS, 2024).

A mineração nos dias atuais, representa uma das atividades econômicas e industriais que contribuem de forma significativa para o desenvolvimento socioeconômico do país. O Brasil é considerado um dos países com maior potencial mineral do mundo, produzindo aproximadamente 70 substâncias minerais (entre elas minerais não metálicos, minerais metálicos e minerais energéticos). Segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), trata-se de uma atividade bastante diversificada (IBRAM, 2023).

Também de acordo com o (DNPM), estão localizadas, no Brasil, cerca de 3.354 minas, sendo 159 de grande porte, De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), o setor mineral representa 4,2% do produto interno bruto (PIB) do país a cerca de 20% do valor das exportações brasileiras, segundo o Ministério de Minas e Energia (MME). É previsto para o Brasil, por meio do Plano Nacional de Mineração 2030, divulgado pelo MME, que sejam investidos em pesquisa mineral, mineração e transformação mineral, cerca de R\$270 bilhões até o ano de 2030 (IBRAM, 2023).

Gráfico 1 - Gráfico Estimativa de Investimentos no Setor Mineral.



Fonte: IBRAM,2023.

Tecnologias Aplicadas à Extração do Mineral

A indústria de extração mineral tem desempenhado um papel fundamental no desenvolvimento econômico de muitos países ao redor do mundo. Portanto, desde os primórdios da civilização, os recursos minerais têm sido explorados para uma variedade de fins, desde a construção civil até a produção de energia. No entanto, à medida que a demanda por minerais continua a crescer e os depósitos mais acessíveis se esgotam, a indústria está cada vez mais recorrendo

à tecnologia para aumentar a eficiência, reduzir os impactos ambientais e garantir a segurança dos trabalhadores. Deste modo, desta-se a seguir algumas das principais tecnologias aplicadas à extração de minerais, os desafios enfrentados e as perspectivas futuras (GIUSTE, 2024).

A primeira etapa no processo de extração mineral é a exploração, onde os geólogos procuram identificar depósitos de minerais que possam ser viáveis economicamente. Então, avanços recentes em tecnologia de sensoriamento remoto, como imagens de satélites de alta resolução e sistemas LIDAR (Light Detection and Ranging), têm revolucionado a forma como os geólogos identificam e mapeiam depósitos minerais. Assim, essas tecnologias permitem uma visualização detalhada do terreno e a detecção de anomalias geológicas que podem indicar a presença de minerais valiosos (GIUSTE, 2024).

Na exploração de depósitos minerais, a próxima etapa após a identificação é perfurar e desmontar para acessar o minério. Isso envolve tradicionalmente a utilização de perfuratrizes rotativas e explosivos para quebrar a rocha. No entanto, avanços em tecnologias de perfuração, como perfuratrizes automatizadas e sistemas de orientação por GPS, estão tornando esse processo mais preciso e eficiente. Além disso, métodos alternativos de desmonte, como a fragmentação por micro-ondas e laser, estão sendo explorados como formas de reduzir os impactos ambientais e os custos operacionais (GIUSTE, 2024).

Extração Mineral e o Processamento e Monitoramento Ambiental

Após a extração, as empresas precisam processar o minério bruto para separar os minerais de interesse dos materiais indesejados. Elas utilizam então, tecnologias avançadas de processamento, como separação por gravidade, flotação e lixiviação, para esse fim. Os métodos de recuperação de metais preciosos, como a cianetação e a carbonização, estão sendo constantemente aprimorados para aumentar a eficiência e reduzir os impactos ambientais (GIUSTE, 2024).

Um dos principais desafios enfrentados pela indústria de mineração é mitigar os impactos ambientais negativos associados às operações de extração e processamento de minérios. Tecnologias de monitoramento ambiental, como

sensores de qualidade do ar e da água, estão sendo cada vez mais utilizadas para monitorar e controlar a poluição gerada pela mineração. Além disso, sistemas de gestão de resíduos, como rejeitos de mineração e pilhas de estéril, estão sendo projetados para minimizar o risco de vazamentos e contaminação do meio ambiente (GIUSTE, 2024).

Inteligência Artificial e os Desafios e Perspectivas Futuras

A crescente quantidade de dados gerados pelas operações de mineração está impulsionando o desenvolvimento de técnicas avançadas de análise de dados e inteligência artificial. Dessa forma, algoritmos de aprendizado de máquina estão sendo utilizados para otimizar processos operacionais, prever falhas de equipamentos e identificar oportunidades de melhoria de desempenho. Além disso, sistemas de monitoramento em tempo real estão sendo implementados para fornecer insights em tempo real sobre o estado das operações. Isso permite uma resposta rápida a eventos imprevistos (GIUSTE, 2024).

Apesar dos avanços tecnológicos, a indústria de mineração enfrenta uma série de desafios significativos. Incluindo-se a escassez de depósitos de alta qualidade, a pressão para reduzir os impactos ambientais gerados e a crescente demanda por minerais em países em desenvolvimento. No entanto, muitos especialistas acreditam que a tecnologia continuará desempenhando um papel fundamental na superação desses desafios. Perspectivas futuras incluem o desenvolvimento de tecnologias de mineração mais sustentáveis, como a mineração subaquática e a mineração de asteroides. Também demandam o uso de materiais avançados, como nanomateriais, na produção de equipamentos e componentes (GIUSTE, 2024).

Em resumo, as tecnologias aplicadas à extração mineral estão desempenhando um papel cada vez mais importante na transformação da indústria de mineração. Portanto, desde a exploração até o processamento, a tecnologia está sendo utilizada para aumentar a eficiência, reduzir os impactos ambientais e garantir a segurança dos trabalhadores. Com os avanços contínuos em áreas como o sensoriamento remoto, automação e análise de dados, é provável que a

indústria 4.0 de mineração continue a evoluir e se adaptar às demandas do século XXI (GIUSTE, 2024).

Principais Impactos Ambientais Causados Pela Mineração

São diversos os impactos ambientais causados pela mineração, como a alteração da paisagem e a contaminação do solo, degradação do solo, do ar e dos recursos hídricos (SGI IMERYS, 2017).

A atividade econômica e industrial que consiste na pesquisa, exploração, extração e beneficiamento de minérios presentes em depósitos no subsolo, apesar de ser sinônimo de desenvolvimento socioeconômico e ser essencial à sociedade, considerando-se que os minérios encontram-se em praticamente todos os bens de consumo, a atividade mineradora apresenta alto potencial de impactos ambientais. Como é o caso da poluição dos recursos hídricos e do solo, além da perda de biodiversidade tanto em relação à fauna quanto à flora (SGI IMERYS, 2017).

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o impacto ambiental é definido no artigo 1º da Resolução Conama-001 como:

“[...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causado por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam o bem-estar e a saúde da população; as atividades socioeconômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais[...] (SGI IMERYS, 2017).

Na mineração, os impactos ambientais podem ser gerados desde o planejamento do projeto, repassando as etapas de implantação, operação e desativação. Por isso, é necessário, antes de qualquer implementação da atividade mineradora, avaliar quais os possíveis impactos negativos que podem ser causados ao meio ambiente na área a ser explorada (SGI IMERYS, 2017).

São estes os principais impactos ambientais causados pela mineração:

a) Degradação da Paisagem

A mineração mais comum no Brasil é a lavra a céu aberto. A exploração de minério dessa forma requer desmatar uma determinada área e retirar o solo fértil (também chamado pelas mineradoras de solo estéril, pois possui baixo teor de minério). A área é “recortada” em blocos, que conferem à região uma paisagem repleta de “degraus”, modificando então a paisagem (SGI IMERYYS, 2017).

b)Desmatamento

Para realizar a mineração de lavra a céu aberto, a primeira etapa refere-se à retirada da cobertura vegetal. Diversas áreas são desmatadas , provocando possíveis alterações climáticas e causando prejuízos à fauna a à flora (SGI IMERYYS, 2017).

c)Poluição e Contaminação dos Recursos Hídricos

A contaminação dos recursos hídricos pode ocorrer de três maneiras na mineração:

- Por meio do alto consumo de água para beneficiamento do minério;
- Por meio do rebaixamento do lençol frático durante a etapa de extração do minério, diminuindo o fluxo de água dos rios e impactando também a recarga dos aquíferos;
- Possível contaminação das águas por meio de rejeitos com concentração de substâncias tóxicas que são levadas até os recursos hídricos pelo escoamento superficial das águas ou através do solo, o qual, ao contaminar-se, pode também contaminar os recursos hídricos. As minerações de ferro, areia e granito, por exemplo, podem contaminar e poluir as águas pela lama gerada durante o processo de mineração. Essa lama precisa ser contida por barragens (SGI IMERYYS, 2017).

d)Poluição, Contaminação, Degradação e Compactação do Solo

Uma das etapas da mineração é a retirada do solo fértil e seu posterior recorte. Ao deixar o solo desnudo, pode haver perda de fertilidade e favorecimento da sua compactação. Ao longo da extração de minérios, os solos podem ser contaminados, como é o caso das minerações de chumbo e zinco, as quais possuem grande concentração de arsênio em seus rejeitos. Algumas áreas acabam tornando-se inutilizadas, visto que algumas substâncias podem permanecer por um longo tempo no solo (PEREIRA, 2009).

e)Poluição Sonora e Alteração da Qualidade do Ar

O preparo das áreas para mineração dá-se, muitas vezes, por meio explosões. Maciços rochosos muito compactados passam pelo processo de desmonte com o auxílio de explosivos, causando então ruídos que perturbam a biodiversidade e muitas vezes espantam animais de suas áreas. Outro problema é a alteração da qualidade do ar. Durante os processos de construção de infraestrutura necessária, bem como na fase de transporte dos minérios, há emissão de partículas sólidas e poluentes à atmosfera (PEREIRA, 2009).

f)Redução da Biodiversidade

O desmatamento, a poluição sonora, bem como a contaminação e poluição dos recursos hídricos e do solo provocam também a perda de biodiversidade. Muitos animais perdem seu habitat e acabam fugindo para outras áreas, bem como a perda de espécies de plantas na região devido à retirada da cobertura vegetal (PEREIRA, 2009).

g) Redução da Disponibilidade de Minerais

Em algumas áreas de mineração, há o esgotamento total do recurso mineral extraído, o que as torna inutilizáveis (PEREIRA, 2009).

h) Geração de Resíduos e Disposição Inadequada de Rejeitos

A produção de rejeitos (resíduos que sobram após a extração e o beneficiamento do minério valioso) não é um problema desde que esses sejam contidos ou remanejados para a recuperação de áreas. Contudo, durante a fase de extração, se não realizada de maneira correta, esses resíduos podem alcançar os recursos hídricos, contaminando-os (SOUSA, 2024).

Outro problema é o volume dos depósitos de rejeitos contidos por barragens, que, se não fiscalizadas e monitoradas, podem romper e ter esse volume transportado a áreas mais baixas, alcançando cursos d'água e poluindo o meio ambiente. O volume do depósito pode ser também um problema, quando elevado o nível, pois pode ser levado pelas águas das chuvas até outros recursos hídricos (SOUSA, 2024).

Legislação e a Agência Nacional de Mineração (ANM)

A atividade de mineração no Brasil é regulamentada pela Agência Nacional de Mineração (ANM), e uma de suas atribuições é dar andamento aos trâmites dos processos minerários. O processo minerário é uma parcela de terra para a qual o titular reivindicou o direito de desenvolver e extrair um depósito mineral. Este direito não inclui direitos à superfície (BLOG JAZIDA,2023).

As jazidas minerais pertencem à União, ou seja, de acordo com o Art. 176 da Constituição Federal de 1998, o subsolo é propriedade da União. Portanto a lavra e pesquisa mineral só poderá ser realizada com a devida autorização da ANM. As leis e decretos podem variar de acordo com a unidade da federação em que se pleiteia a exploração e exploração mineral (BLOG JAZIDA,2023).

O Decreto-Lei nº 227/1967 (Código de Mineração) é o principal diploma legal da atividade mineradora no Brasil. O Código de Mineração é regulamentado pelo Decreto nº 9.406/2018.

Esse decreto dá definições sobre a atividade de mineração no Brasil, regulamenta os processos e define obrigações dos órgãos competentes e de empreendedores no ramo da mineração (BLOG JAZIDA,2023).

Procedimentos Para o Licenciamento Ambiental

No estado do Pará, os processos de licenciamento e autorizações para intervenção ambiental das atividades são realizadas pela SEMAS/PA (secretaria de estado de meio ambiente e sustentabilidade). Nessa secretaria, os pedidos de intervenção florestal são analisados pela Diretoria de Gestão Florestal (DGFLOR), os de outorga de direito de uso de recursos hídricos pela Diretoria de Recursos Hídricos (DREH) e os de licenciamento ambiental pela Diretoria de Licenciamento de Atividades Poluidoras (DILAP). O empreendedor que deseja licenciar seu empreendimento e precisa, concomitantemente, de outorga de direito de uso de recursos hídricos e de autorização de intervenção florestal deve realizar os três processos separadamente, o que caracteriza os processos de licenciamento e autorizações para intervenção ambiental no estado do Pará como não integrados (MMA, 2018).

O tempo previsto para liberação do licenciamento depende de diversos fatores, que incluem o tamanho e a qualidade do projeto (perfeito detalhamento técnico da atividade) e o volume de processos a serem analisados pela SEMAS/PA. Em condições normais, o licenciamento pode ser liberado num prazo médio de 60 dias (MMA, 2018).

Após a emissão do parecer técnico e jurídico, processos de licenciamento ambiental que incluem análise de EIA/RIMA (estudo de impacto ambiental / relatório de impacto ambiental) passam ainda pela apreciação do COEMA (conselho estadual de meio ambiente) votar de forma favorável (MMA, 2018).

De acordo com a política estadual de meio ambiente, dada pela lei nº 5.887/1995 (PARÁ, 1995), as licenças prévia, de instalação e de operação são expedidas por tempo certo, a ser determinado pelo órgão ambiental, não podendo em nenhum caso ser superior a 5 anos. Têm seus prazos de validade assim definidos, de acordo com o decreto estadual nº 1.120/2008 (PARÁ, 2008b):

- Licença Prévia: mínimo de 3 anos;
- Licença de Instalação: mínimo de 3 anos;
- Licença de Operação: mínimo de 4 anos.

Quando o empreendedor solicita Licença Prévia (LP), este deve publicar um edital no jornal local de maior circulação e no diário oficial do estado, informando sobre o pedido de licença e esclarecendo se foi ou não determinada a apresentação de um estudo prévio de impacto ambiental (EPIA). Esse procedimento esclarece à sociedade sobre a implantação e operação das atividades previstas (MMA, 2018).

Quando a SEMAS/PA solicitar o EPIA, o empreendedor deve elaborar um relatório de impacto ambiental (RIMA), que é um resumo dos dados ambientais apresentados, em linguagem acessível, para que possa ser entendido pelo público em geral. Durante o período de análise do EPIA, o RIMA permanece na SEMAS/PA, à disposição dos interessados, possibilitando, com isso, que a população se manifeste a respeito do empreendimento (MMA, 2018).

Quando o empreendimento em análise pelo órgão ambiental merece discussão mais ampla, a SEMAS/PA realiza audiências públicas, de acordo com o que estabelece a lei ambiental do estado, no sentido de expor a todos os interessados o conteúdo do trabalho e seu referido RIMA (relatório de impacto ao meio ambiente), visando ao esclarecimento de dúvidas e colhendo, do público presente, críticas e sugestões (MMA, 2018).

O proponente do empreendimento comunica à sociedade a concessão ou não da licença ou a sua revogação, por meio da publicação de edital no jornal local de maior circulação e, também, no diário oficial do estado (MMA, 2018).

Pela política estadual do meio ambiente, a Licença Prévia pode ser dispensada no caso de ampliação de atividades (MMA, 2018).

Toda atividade/empreendimento que explora os recursos ambientais naturais e que, efetiva ou potencialmente, cause danos ao meio ambiente ou seres vivos são obrigadas a ter licença ambiental. A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 237/1997, regulamenta e estabelece os aspectos de licenciamento ambiental em âmbito federal. Todavia, é imprescindível consultar a legislação ambiental estadual e/ou município e verificar se a atividade está entre as passíveis de licenciamento (MMA, 2018).

Recuperação de Áreas Degradadas (RAD)

A Recuperação de Áreas Degradadas (RAD) é um conjunto de ações planejadas e executadas para restaurar a autossustentabilidade e o equilíbrio paisagístico de áreas degradadas (FERREIRA, 2008).

Depois de iniciado o processo de aproveitamento econômico dos recursos minerais, o encerramento de suas atividades é elemento certo a ocorrer, seja pelo exaurimento da jazida, ou devido a fatores políticos, econômicos ou ambientais, gerando para o minerador a obrigação de recuperar a área lavrada. (FERREIRA, 2008).

Segundo Brun et al (2000), Para que seja possível obter-se novo uso da área, é necessário que ela esteja em condições de estabilidade física (morro, aterro, depressão de terreno) e estabilidade química (a área não deve estar sujeita a reações químicas que possam gerar problemas nocivos à saúde humana e ao ecossistema, drenagens ácidas de pilhas de estéril ou rejeitos). Dependendo do uso pós-mineração, podem-se adicionar os requisitos de estabilidade geológica (áreas utilizadas com a finalidade de conservação ambiental). No caso do empreendimento mineiro, a participação do homem deve iniciar-se ao planejar a mina e finalizar quando as relações fauna, flora e solo estiverem em equilíbrio e em condições de sustentabilidade (FERREIRA,2008).

A recuperação de área degradada é apenas a tentativa limitada de reparar um dano. Decorrente a isso tudo são inseridos aspectos jurídicos que compõem um conjunto de leis ambientais com objetivo de definir o poluidor pagador, assim normalizando e atribuindo a atividade mineradora de qualquer empresa tem que se responsabilizar pela conservação, manutenção e recuperação do bioma local (FERREIRA,2008).

A recuperação de áreas degradadas pela mineração, não deverá ser entendida como desencadeamento de ações, nos âmbitos político, legislativo e social, que culminaram na percepção da necessidade, do estudo e do desenvolvimento de técnicas hábeis a recuperar as áreas degradadas pela mineração e por diversos outros tipos de intervenção humana (FERREIRA,2008).

3. Materias e Métodos

Metodologia

As etapas para realização desta pesquisa é fundamentada no procedimento operacional do PRAD da empresa IMERYYS RCC, com foco nas atividades de RAD executadas para cumprir exigências da legislação vigente, promovendo a recuperação das áreas degradadas (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Para realização da pesquisa e execução do PRAD da empresa IMERYYS RCC, compreenderam as atividades de: visita a áreas e monitoramento de dados georeferenciados, registro de fotos e imagens das áreas anteriormente impactadas pela mineração de Caulim ; monitoramento ambiental; descrição dos principais usos futuros indicados para aquelas áreas conforme referencial teórico; discussão das implicações de cada um dos usos apresentados; discussão das possíveis restrições legais e problemas futuros com a escolha de cada um dos usos apresentados; e a proposição de sugestões e necessidades de manejo dos solos construídos para implantação de cada um dos usos apresentados; visando garantir a integridade física dos trabalhadores que desenvolvem as atividades de RAD, a confiabilidade nas informações e dados que constam no referido trabalho e a sistematização dos dados levantados e redação da pesquisa (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Localização Mina de Caulim RCC

A mina de caulim da IMERYYS RCC está localizada na região do médio Rio Capim, no município de Ipixuna do Pará, estado do Pará. Anteriormente encontrava-se na jurisdição do município de São Domingos do Capim.

A distância da mina é de 243 Km da capital do estado. Partindo-se de Belém, a área é atingida, por via rodoviária, cunorindo-se os seguintes itinerários: Belém – Santa Maria do Pará, através da BR 316, num trajeto de 107 Km em estrada asfaltada. Santa Maria Do Pará – entrada da estrada Chão-de-estrela, em percurso asfaltado de 114 Km. Entretanto da estrada Chão-de-estrela, percorre-se um trajeto de 22 Km em estrada de difícil percurso no inverno e adequado e quaisquer veículos no verão, até a chegada a fazenda Campo Grande, onde situam-se as jazidas. A figura a seguir, mostra a localização da Mina de Caulim da IMERYYS RCC, no mapa do estado do Pará (SGI IMERYYS, 2017).

Figura 4 Localização Mina de Caulim RCC.



A área também pode ser acessada por via fluvial. Saindo do porto de Belém pelo Rio Guamá segue-se até o Rio Capim, até chegar à mina, sendo ambos os rios navegáveis o ano todo através de embarcações de pequeno porte.

Outro meio de transporte é o aéreo, porém limitado pelas precárias condições de pistas de pouso, presentes nas imediações da mina. Tornando a via rodoviária como a principal opção de acesso ao local (PEREIRA, 2009).

Aspectos Gerais do Caulim: Mercado Mundial, Nacional e Utilizações

A crescente demanda por bens minerais, associada ao aumento nas produções dos países emergentes e o início do comércio exterior de caulim mostrou uma tendência de crescimento nas exportações, bem como as importações nos últimos anos (SILVA, 2001).

A quantidade exportada aumentou de 315 mil toneladas em 1988 para quase 1,4 milhão de toneladas em 2000, registrando entre os extremos um crescimento da ordem de 344,4%, correspondente a 13,24% ao ano (SILVA, 2001).

Conforme indicado anteriormente, a produção de caulim sofreu um aumento significativo em relação às exportações, consolidando a IMERYS RCC como líder mundial neste mercado durante os anos dois mil (SILVA, 2001).

Os Estados Unidos juntamente com o Reino Unido, comunidade dos estados independentes, Coréia do Sul, República Tcheca e Brasil, foram responsáveis por 62% do caulim produzido no mundo, em 2007. É importante ressaltar que apenas o Brasil disponibiliza o minério já beneficiado para o mercado interno e externo a ser utilizado na indústria de papel, respondendo por 7% da produção mundial (PEREIRA, 2009).

Devido a grande participação dos Estados Unidos (principalmente) e Inglaterra na oferta mundial de caulim, esses países exercem grande influência sobre os preços praticados no comércio internacional. O Brasil vem aumentando sua participação nesse mercado, exercendo também influência na formação de preços de caulim no mundo (PEREIRA, 2009).

A tendência é que o Brasil se torne um dos maiores produtores de caulim no mundo, devido a exaustão das reservas norte americanas e a expansão das reservas nacionais situadas no norte do país, especialmente o Estado do Pará (PEREIRA, 2009).

O mercado nacional de caulim começou a ganhar destaque no cenário internacional com etapas de expansão da capacidade de produção no Amapá, e no Pará, no estado do Pará destacamos as operações da IMERYS RCC que vêm desde 1996 destinando seus produtos principalmente ao mercado externo.

O mercado externo tem sido o principal consumidor (98%) do caulim produzido no país, ao longo dos anos, sendo que as exportações de caulim beneficiado em 2007 estiveram na faixa de 2,4 milhões de toneladas/ano. Os países de destino das exportações brasileiras de caulim beneficiado tem sido: Bélgica (21%), Estados Unidos (20%), Japão (13%), Holanda (11%), Canadá (11%) e outros (24%) (DNPM, 2007).

A IMERYS RCC faz parte do grupo de origem e capital Francês, que atua em mais de 40 países.

As utilizações do caulim tem um vasto campo de aplicações industriais, isto se deve às suas características tecnológicas, dentre elas:

- a) quimicamente inerte;
- b) branco ou quase branco;
- c) tem capacidade de cobertura quando usado como pigmento e reforçador para aplicações como carga;

- d) possui baixa condutividade térmica e elétrica;
- e) macio e pouco abrasivo;
- f) competitivo com materiais alternativos.

Exemplos de aplicações nas indústrias de:

Papel;

Refratários;

Fibra de Vidro;

Cimento;

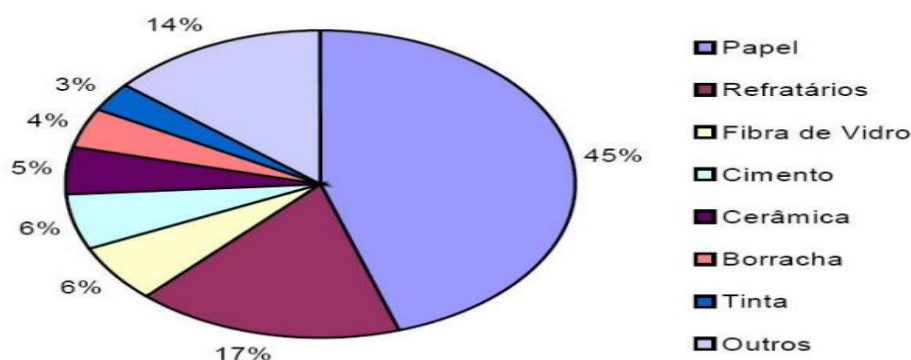
Cerâmica;

Borracha;

Tinta;

Diagrama Ilustrativo dos Principais Usos Industriais do Caulim.

Gráfico 2 - Diagrama Principais Usos Industriais do Caulim.



Fonte: CHAVES, 2000.

O caulim é retirado da natureza através de extração mineral. Na cidade de Ipixuna do Pará, este caulim é encontrado às margens do Rio Capim, por esse motivo a mina tem a denominação Mina RCC (Mina Rio Capim Caulim).

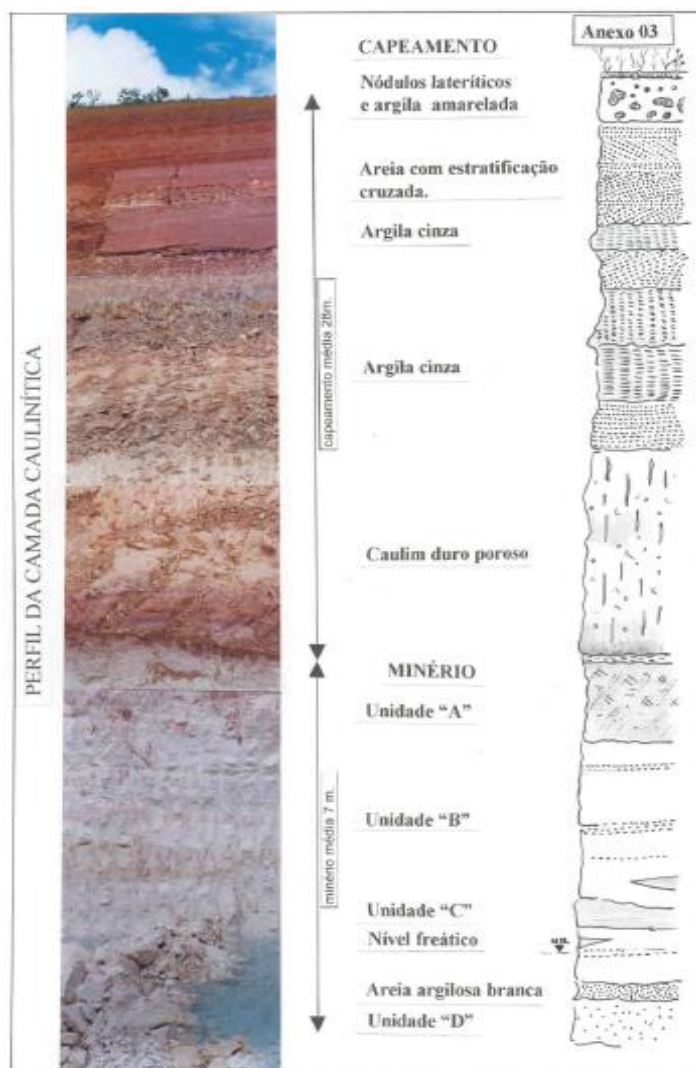
Na empresa IMERYS RCC, foi adotado o método de lavra a céu aberto em Tiras. Esse trabalho é dirigido pelo planejamento de lavra de curto prazo, utilizando software SURPAC da GENCON (PEREIRA, 2009).

Blocos de 50 x 50 metros foram à melhor forma imaginada para a lavra, podendo variar de acordo com o horizonte do platô em comprimento e largura. A altura do bloco depende da espessura da camada e os blocos são identificados por números e letras, por exemplo, 32A. O número refere-se à disposição da tira

e a letra mostra quanto está próximo à superfície da camada de minério (PEREIRA, 2009).

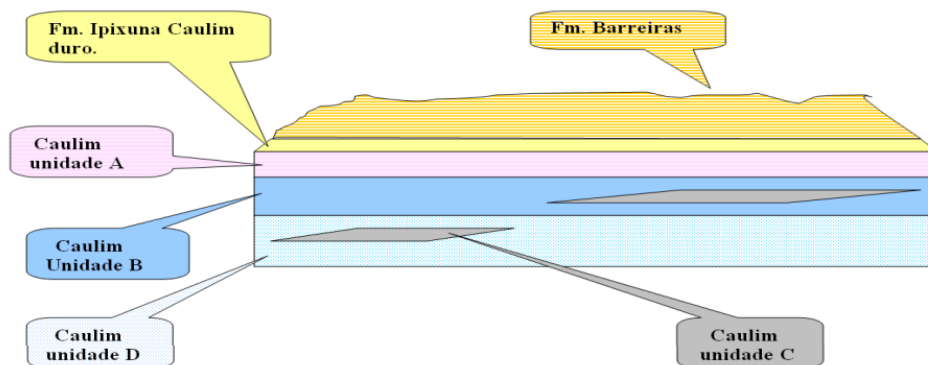
Com o minério encontrando-se abaixo de uma camada de 20 metros de capeamento tornam-se necessários operações de desmatamento, decapeamento e exposição do minério (PEREIRA, 2009).

Figura 5 Geologia da Jazida.



Fonte: PEREIRA, 2009.

Figura 6 Deposição das Unidades do Minério de Caulim.



Fonte: PEREIRA, 2009.

Na remoção do capeamento são utilizadas escavadeiras hidráulicas com capacidade de 11 m³. Este equipamento oferece maior precisão no corte, diminuindo a diluição e contaminação do minério. Utilizam-se também caminhões para realizar o transporte do material extraído para a área de beneficiamento, onde passam pelos processos de separação do caulim e das impurezas que se tornam rejeitos (PEREIRA, 2009).

Figura 7- Mina RCC Ipixuna do Pará



Fonte: MACHADO, 2015.

O material retirado no decapeamento é depositado em áreas próximas onde, após a lavra completa das Tiras, é colocado de volta na Cava. Esse material é recoberto por solo vegetal removido das frentes de lavra em processo de decapeamento. Depois são plantadas mudas de espécies vegetais nativas da região. As mudas são cultivadas pelas próprias comunidades no entorno das operações da IMERYYS RCC. A escolha das espécies para utilização na recuperação das áreas degradadas deve ter como ponto de partida estudos de composição florística da vegetação remanescente da região, sendo espécies pioneiras e secundárias tendo prioridade na primeira fase de seleção de espécies (PEREIRA, 2009).

Impactos Ambientais Gerados na Extração de Caulim

Nas atividades de extração de um volume expressivo de argila e de materiais rochosos, em todas as suas fases, envolve atividades que provocam impactos para o meio físico e biótico. Alguns desses impactos dependem de fatores como: tipo de minério, técnicas de extração e beneficiamento, o que requer diferentes medidas para a recuperação ambiental (WILLIAMS et al apud SILVA et al, 2001).

Nas etapas da extração do caulim ocorrem escavações, ocasionando alteração da superfície e se não houver estudos aprofundados na execução das atividades, pode levar à degradação de um ecossistema ou à contaminação de lençóis freáticos (SGI IMERYYS, 2017).

Muitas vezes torna-se difícil distinguir diferenças entre impactos ambientais, degradação ambiental e aspectos ambientais. Degradação é algo que está contido em impacto ambiental e refere-se a algo concentrado numa esfera apenas negativa, ao contrário de impacto ambiental, que tem sentido mais amplo, mais abrangente, envolvendo aspectos que podem ser positivos ou negativos. Já o aspecto ambiental, conforme o mesmo autor, não se refere diretamente a impacto, no entanto, o impacto é uma consequência de um aspecto ambiental, que por sua vez também pode ser positivo ou negativo de acordo com as circunstâncias (SÁNCHEZ, 2008).

Como se pode observar, a atividade extrativa mineral é geradora de impactos ambientais de elevada magnitude que devem ser controlados e propostas as medidas mitigadoras buscando-se solucionar problemas ambientais como estes que atingem não só o meio natural, mas os meios sociais e culturais. De acordo com o autor, uma vez que sem as medidas necessárias para controle dos impactos, que deve estar contemplada no Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD, os problemas de ordem ambiental podem tornar-se ainda maiores. Esses impactos podem potencialmente tornarem-se extensivos no espaço geográfico com o decorrer do tempo devido a sinergia entre os impactos diversos no meio físico (CABRAL, 2008).

Ao planejar a recuperação de uma área degradada, deve-se considerar os diagnósticos ambientais efetuados anteriormente, que indicaram as características específicas da mina e do local onde ela está instalada. Estas características específicas se referem aos aspectos físicos, como a topografia, geologia, pedologia, hidrografia e paisagem, aos aspectos bióticos como a flora e fauna, e aos aspectos sócio-econômicos da região (IBRAM,1992).

Concepção dos Projetos e Atividades de RAD na Mineração

A execução de projetos ambientais para recuperação de áreas mineradas é uma prática relativamente recente em todo o mundo. Internacionalmente, os projetos desta natureza iniciaram-se, em maior escala, na década de 60, sendo executados os primeiros trabalhos no Brasil, em meados da década de 70. Estes que se constituíram principalmente na recomposição paisagística e recuperação da cobertura vegetal (CETEM, 2000).

De acordo com IBRAM (1992), as técnicas e práticas comumente apresentadas para promover a recuperação ambiental de uma área minerada, visa a obtenção de um novo nível ecológico que possibilitará a esta área uma nova forma produtiva, seja do ponto de vista econômico ou simplesmente para a preservação.

Segundo Abrahão e Mello (1988), a grande meta a ser alcançada em qualquer plano de recuperação de terrenos, consiste no estabelecimento de um horizonte “A”, de modo que a partir daí o processo seja continuado pela biosfera, podendo assim fazer surgir outros horizontes de solo.

É fato que o ambiente totalmente descaracterizado pela mineração a céu aberto, não poderia ser restaurado ao seu estado original. Todavia, nos projetos para reabilitação de áreas impactadas pela mineração a céu aberto, a diretriz adotada prevê a sua integração à paisagem circundante, possibilitando que processos naturais de degradação de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, “chuva de sementes”, sucessão vegetal, entre outros, viabilizem a reabilitação do ambiente ao longo do tempo (POLZ, 2008).

Após esta descaracterização do ambiente, para que todo o solo constituído sobre os estéreis se mantenha protegido, um sistema de drenagem de superfície é executado para captação e direcionamento do excesso hídrico pluvial. O sistema, composto por terraços em desnível, bacias de contenção de sedimentos, escadarias de drenagem e canaletas de plataforma, é construído em uma nova naturalística, permitindo assim que as águas pluviais sejam conduzidas aos corpos receptores, sem erodirem o solo criado (FRANCO, 2006).

A revegetação destas áreas depende da obtenção de bons resultados nas etapas anteriores do processo de recuperação ou reconstrução do solo, desde a recomposição da topografia e paisagem, à restauração das propriedades químicas, físicas e biológicas, e o controle da erosão no solo formado. O exato formato do plano de recuperação depende fundamentalmente do uso futuro proposto a aquela área após o término das atividades de mineração (IBAMA, 1990).

A revegetação se dá através da introdução de espécies pioneiras diversas, do acompanhamento do processo sucessório populacional e da promoção de aumento da biodiversidade local. Primeiramente, realiza-se o semeio de espécies herbáceas e arbóreas nativas pioneiras nas áreas remodeladas, com aplicação concomitante de “turfa ambiental”. Estas ações têm apresentado resultados bastante satisfatórios, demonstrando que a ação do homem pode contribuir muito para a instalação e aceleração dos processos de reabilitação da natureza nesses ambientes (POLTZ, 2008).

Antes da implantação da cobertura vegetal nas áreas, independentemente da declividade ou situação topográfica, dever-se-á proceder a uma completa limpeza ou a remoção de todo ou quaisquer materiais, resíduo, estrutura, entulho, sucata ou lixo que possam vir a oferecer obstáculo à revegetação, como por exemplo, impedir o contato direto dos insumos e das sementes com o solo, o que é necessário à germinação, crescimento e posterior desenvolvimento da vegetação (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Assim, os resíduos gerados nessa operação de limpeza deverão ser segregados e destinados adequadamente conforme o programa de gestão de resíduos da IMERYYS RCC e de acordo com a legislação ambiental em vigor (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

A recuperação das áreas lavradas será realizada de acordo com o plano de lavra da Mina, que adotará o método de lavra em tiras. Este método consiste em lavar o depósito em faixas paralelas com largura e comprimento definido pela equipe de planejamento de lavra, com o capeamento sendo disposto na área da tira anteriormente lavrada (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Do ponto de vista da reabilitação, o método apresenta a reconformação e recuperação das áreas lavradas, concomitantemente ao avanço da lavra. Desta forma, este método permite que ao final da vida útil da Mina, esta esteja totalmente recuperada (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

As técnicas para a recuperação de áreas lavradas recomendam uma série de etapas, durante e após a lavra. Essas etapas compreendem medidas de minimização e reabilitação das áreas onde o minério foi lavrado (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Para preparar as áreas de lavra, mantê-las em boas condições operacionais e posteriormente recuperá-las de acordo com as necessidades de conservação e recuperação ambiental, serão necessárias algumas operações denominadas secundárias ou auxiliares. Essas operações são de supressão vegetal e limpeza de área, remoção, transporte e disposição do solo orgânico e revegetação (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Ações de minimização de impactos serão adotadas antes e durante o processo de supressão vegetal para garantir o menor impacto ambiental possível,

prevenindo futuras reabilitações corretivas mais drásticas nas áreas recuperadas. Estas medidas serão executadas antes do processo de lavra, são elas:

- Toda supressão vegetal será realizada de acordo com o plano anual de lavra;
- Toda tarefa de supressão será executada de forma gradual, em direção das áreas preservadas. Esta medida manifesta-se positivamente sobre a fauna impactada por essa atividade;
- Quanto ao direcionamento da queda das árvores, este nunca será direcionado rumo a encosta do platô, nas áreas de borda;
- Aproveitamento integral da madeira nobre ou aproveitável, internamente no projeto ou dando destinação adequada (doação);
- Coleta de sementes e propágulos aproveitáveis para a revegetação de áreas degradadas, preferencialmente para o mesmo local;
- Toda a área com vegetação lenhosa, receberá uma vistoria prévia, por técnico habilitado, para definir e orientar a coleta e armazenamento de resíduos importantes para a reabilitação de áreas lavradas;
- Aproveitamento integral dos resíduos pós-supressão, como galhos finos, folhas, cascas, entre outros em área do PRAD;
- Toda supressão será efetuada somente diante da premência de ocupação da área pela mineração, no sentido de preservar a área até o momento imediatamente precedente a sua utilização. O efeito desta medida manifesta-se sobre a manutenção máxima da vegetação remanescente, com seus benefícios relativos à dispersão de sementes e fauna, além de proteção de eventos horizontais de baixa altitude;
- Para garantir a estabilidade física das bordas e também a integridade do gradiente altitudinal, sob ponto de vista da diversidade de espécies da vegetação atualmente instalada, a lavra limitar-se-á até a faixa de 10 a 50 metros das bordas do platô. Assim, a vegetação de borda será mantida intacta sobre uma faixa estreita, porém, penetrando na superfície, apolainada do platô, de acordo com a resolução CONAMA 303 de 20/03/2002, que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente. A vantagem

dessa preservação é dada, por um lado, pela manutenção do perfil original das espécies instaladas e, por outro, pelo fomento da disseminação zoocórica de sementes nativas, a partir da visitação de representantes da fauna típica local. A borda possuirá, assim, a função de um corredor vegetal, com intuito de manter ativo o tráfego de fauna entre as baixadas e o referido platô (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Após a supressão vegetal será executada a remoção da camada fértil do solo ou “top soil ou horizonte A. O “top soil” é rico em matéria orgânica e propágulos além de micro-organismos altamente desejáveis para a revitalização do solo (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

O processo de retirada do “top soil” consistirá em decapeamento mecanizado, impreterivelmente com trator de esteira D6, formando-se leiras. Posteriormente, esse material será transportado diretamente para as áreas em reabilitação e reaplicadas ou espalhadas, em camadas de 20 a 30cm, sobre a superfície ainda antes dos procedimentos de revegetação. Atenção especial deve ser dada a este procedimento, uma vez que a utilização de máquinas como escavadeiras podem provocar a mistura de material argiloso com o material orgânico, ocorrendo perdas na qualidade do “top soil”, pois se perde propágulos ali existentes, prejudicando sua germinação e estabelecimento, influenciando diretamente no sucesso da revegetação das áreas (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

A gestão dos volumes de “topsoil” será orientada de tal forma que os blocos degradados, isso é, reabilitação, receberão o horizonte A (topsoil), de uma área vizinha, em início de lavra (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Desta forma são preservadas as propriedades germinativas dos propágulos contidos nesta camada, além da manutenção da vitalidade biológica dos solos transferidos. Na prática constata-se que quanto menos o tempo entre decapeamento e aplicação deste material orgânico, melhor germinação de espécies florestais espontâneas em meio às áreas beneficiadas (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

É importante que a reaplicação superficial do solo, advinda do decapeamento realizado pela operação de lavra e posteriormente armazenada, tomando-

se cuidado para que não haja compactação do solo. O material orgânico decaído (top soil) será reaplicado preferencialmente na mesma superfície de onde foi retirado ou na superfície vizinha (tira anterior), contribuindo com a introdução de sementes e nutrientes, importantes no estímulo da revitalização da área a ser recuperada (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

É recomendada a transferência de material vegetal em estágio inicial de decomposição (serapilheira, resíduos de madeira, material lenhoso) proveniente de supressão de vegetação de revegetação florestal nativa, atendendo-se para a coerência entre atributos físicos e biológicos das áreas de origem e destino de solo/serapilheira. Esta técnica promoverá um input de propágulos e matéria orgânica nos locais alterados, além de favorecer a proteção mecânica do solo (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Deve ser avaliada, caso a caso, a necessidade de descompactação do solo após a desmobilização das áreas antes de realizar a recuperação. Em casos onde há acentuada compactação do solo poderá ser realizada subsolagem e/ou escarificação (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

O material lenhoso poderá ser usado nas áreas de compactação acentuada, onde, com auxílio de maquinário, deverá ser fragmentado e umedecido para introdução no solo durante o processo de descompactação deste (escarificação, subsolagem, gradagem). (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Figura 8 Recolocações da camada orgânica sobre a área a revegetar.



Fonte: Patrício, 2009.

Figura 9 Evidência da transferência do material vegetal.



Fonte: CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017.

A revegetação terá seu início após a regularização do terreno, deposição do “top soil” e análises de fertilidade do solo (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

A regularização do terreno é feita após exploração do minério da referida área. Tal operação denomina-se “quebra de pilha” que consiste na regularização da superfície topográfica após a recolocação do estéril na cava de exploração. O terreno é terraplenado com tratores de esteira, respeitando um gradiente de drenagem de até 0,1%, com orientação das águas para lançamento em uma área vegetada e segura sob ponto de vista da erodibilidade (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Após a regularização da superfície do terreno degradado inicia-se a operação de recolocação das pilhas de “terra preta” ou “top soil”, que serão espalhadas em camadas uniformes de 20cm de altura (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Análises da fertilidade do solo deverão ser realizadas após a reposição do solo orgânico nas áreas já lavradas. Tais análises possibilitarão a correção da qualidade do solo no tocante a seus elementos químicos, por exemplo: ampliar a soma de bases trocáveis e reduzir e reduzir os efeitos do Al^{+++} onde são necessárias aplicações de corretivo ricos em cátions básicos e fertilização específica. Subsequentemente deverão ser realizadas outras análises de solo para monitoramento da qualidade e fertilidade do mesmo (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Para a escolha do tipo de cobertura vegetal a ser utilizada na revegetação deve ser levada em consideração a aptidão agrícola do solo, o retorno social e

condições ecológicas inerentes ao empreendimento. A área já lavrada para exploração mineral deverá ser revegetada com espécies nativas originais, espécies florestais de rápido crescimento e de valor comercial, fruticulturas entre outras (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Na navegação os diferentes grupos ecológicos sucessionais deverão arrançados de tal forma que suas exigências sejam atendidas pelos modelos. As espécies do estágio inicial da sucessão – as pioneiras ou sombreadoras – são importantes para que as espécies dos estágios finais – não pioneiras ou sombreadoras – tenham condições adequadas para seu desenvolvimento (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

No quadro a seguir, estão listadas as espécies encontradas na região, que serão priorizadas no plantio. Salienta-se que as espécies propostas podem ser substituídas, desde que seja mantida a premissa de utilizar espécies amazônicas (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Quadro 1 - Lista de espécies que serão usadas para revegetação das áreas degradadas.

Item	Nome Científico	Nome Vulgar	Família
1	Anacardium Occidentale	Cajú	Anacardeaceae
2	Clitória fairchildiana	Paliteira	Fabaceae
3	Inga edulis	Ingá cipó	Fabaceae
4	Inga marginata	Ingá feijão	Fabaceae
5	Inga sessilis	Ingá ferradura	Fabaceae
6	Jacaranda copaia	Parapará	Bignoniaceae
7	Parkia gigantocarpa	Fava atanã	Fabaceae
8	Parkia pendula	Faveira vermelha	Fabaceae
9	Parkia reticulata	Faveira branca	Fabaceae
10	Piptadenia suaveolens	Timborana	Fabaceae
11	Schefflera morototoni	Morototó	Araliaceae
12	Simarouba amara	Marupá	Simaroubaceae
13	Tabebuia impetiginosa	Ipê roxo	Bignoneaceae
14	Tachigali vulgaris	Tachi branco	Fabaceae
15	Tapirira guianensis	Tatapiririca	Anacardeaceae
16	Terminalia tanibouca	Tanimbuca	Combretaceae
17	Tabebuia alba	Ipê amarelo	Bignoneaceae
18	Pronus serrulata	Ameixeira	Rosaceae
19	Annona muricata	Graviola	Annonaceae
20	Mangifera indica	Mangueira	Anacardiaceae
21	Euterpe oleraceae	Açaizeiro	Palmaceae

Fonte: CORP-IT-SSMA-033, 2017.

Uma vez feito o preparo do solo, será iniciada a revegetação. Os números de espécies poderão sofrer variações, uma vez que serão produzidas e plantadas de acordo com os resultados das coletas de sementes nos períodos anteriores e o modelo utilizado. Assim como a disponibilidade de áreas preparadas, pela equipe de planejamento de lavra (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Para áreas originalmente cobertas com floresta Ombrófila será reaplicada a serrapilheira previamente recolhida e armazenadas durante a fase de preparo para mineração. A serrapilheira será reaplicada em camadas finas afim de garantir a cobertura total da superfície degradada. Sobre a serrapilheira será aplicada uma camada de cobertura morta para evitar o seu ressecamento e excesso de iluminação. Diferentes modelos de revegetação serão implantados, com intuito de também contribuir através de comparação, para a definição de modelos de revegetação em área de mineração na Amazônia (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

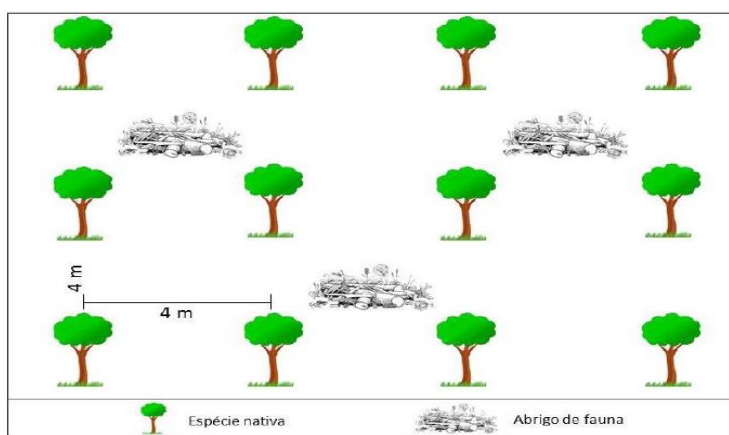
Tomando como premissa o aproveitamento de recursos naturais da própria supressão vegetal otimização da melhoria da qualidade ambiental, a utilização de madeiras comerciais, não comerciais e lenha se configura como importante fonte de matéria orgânica para as áreas degradadas e para construção de habitats para otimizar a recuperação ambiental das áreas afetadas (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Para aumentar a velocidade de recuperação das áreas degradadas o plantio de espécies vegetais adaptadas à região, apresenta um rápido crescimento de cobertura vegetal, aliado a este método de nucleação, permite aumento da probabilidade de ocupação deste ambiente por outras espécies. Desta forma, a partir das ilhas de vegetação ou núcleos, a vegetação secundária se expande ao longo do tempo e acelera o processo de sucessão natural da área degradada (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

A técnica de nucleação forma microhabitats em núcleo onde são oferecidas para diferentes formas de vida e nichos ecológicos, condições de abrigo, alimentação e reprodução, que num processo de aceleração sucessional irradiam diversidade por toda a área (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Dentre as técnicas de nucleação pode-se citar a transposição do solo (top soil), implantação de poleiros e transposição de galharias, aliadas ao plantio de espécies nativas, conforme ilustrada na figura a seguir. Na Imerys será conduzida sinergicamente ao plantio de mudas e revegetação, desta forma espera-se obter a sucessão ecológica das áreas em menor espaço de tempo (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

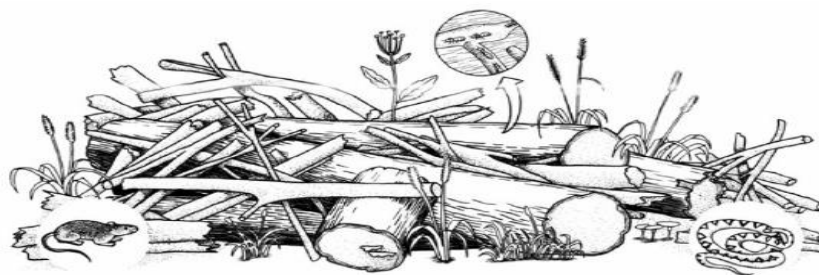
Figura 10 Ilustração da disposição de abrigos de fauna no plantio maciço.



Fonte: CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017.

A técnica de nucleação através da transposição de galharias consiste no aproveitamento da biomassa vegetal como lenha e galhos para a formação de abrigos artificiais para a fauna na área a ser recuperada, conforme ilustrado a seguir. Após a deposição do material sucedem-se melhorias nas condições ambientais que proporcionam o desenvolvimento da fauna e flora no local, uma vez que criam um micro-habitat sombreado e úmido, propício ao desenvolvimento de plântulas, insetos, aves que, atraídas pelos insetos, muitas vezes trazem uma chuva de sementes. Destaca-se ainda, que a decomposição da biomassa vegetal propicia melhorias nas propriedades físicas e químicas do solo (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Figura 11 Ilustração do desenvolvimento da cadeia alimentar na nucleação por galharias.



Fonte: CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017.

Na figura a seguir é possível visualizar o layout de disposição de galharias, para aplicação desta metodologia como catalisadora da recuperação de áreas degradadas serão adotadas galharias de aproximadamente 2m de altura.

Figura 12 Implementação de galharias para a recuperação de áreas degradadas.



Fonte: CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017.

A técnica de nucleação forma microhabitats em núcleos onde são oferecidas para diferentes formas de vida e nichos ecológicos, condições de abrigo, alimentação e reprodução, que num processo de aceleração sucessional irradiam diversidade por toda a área.

É válido ressaltar que a técnica de nucleação será conduzida sinergicamente com o plantio, desta forma espera-se obter a sucessão ecológica das áreas em menor espaço de tempo (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017)

Para a implantação desta técnica será viabilizado o uso da madeira comercial, não comercial e lenha, para abrigo de fauna (galharias) e fonte de matéria orgânica para recuperação de áreas degradadas. Estas alternativas visam

apoiar e/ou otimizar os resultados de melhoria da qualidade ambiental nos seguintes aspectos:

- Controle de processos erosivos;
- Nucleação e abrigo de fauna na recuperação de áreas degradadas;
- Reaplicação da camada superficial armazenada (top soil) / Galharia como matéria orgânica (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

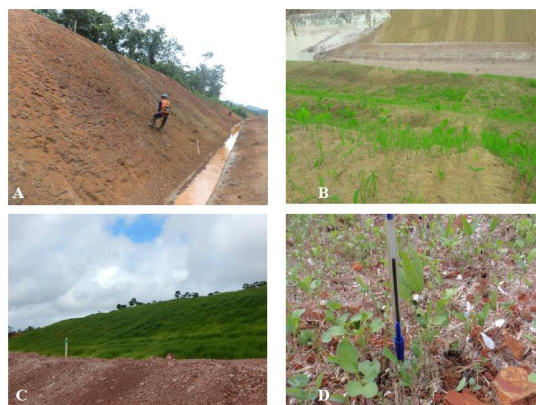
Revegetação em Taludes

Os taludes originados das operações de mina deverão ser revegetados com o uso de técnicas de bioengenharia que contemplam o plantio de espécies de gramíneas e leguminosas adaptadas a região. Para tanto os taludes devem apresentar superfícies regularizadas e desprovidas de ravinamentos e concavidades erosivas que possam originar novos focos erosivos. Assim, o trabalho de revegetação das áreas será iniciado imediatamente após a reconformação topográfica e implantação do sistema de captação de águas superficiais, após a regularização da superfície do talude e a construção do sistema de drenagem, será efetuado o microveamento, com covas pequenas horizontais (escadinhas) longitudinais ao longo do talude com 20 a 30cm entre covas, e tendo o componente horizontal de 3 a 5cm de largura e ligeiramente inclinado para dentro do talude, com cerca de 5cm de profundidade, permitindo a retenção de todos os insumos a serem aplicados tais como fertilizantes, corretivos, mulch, adesivos e sementes (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

No coveamento dos taludes, os trabalhadores deverão seguir os procedimentos de segurança para trabalho em altura e possuir treinamento para trabalho em altura de acordo com a NR35 (CORP-IT-SSMA-026, IMERYYS, 2016).

Nos taludes de corte poderão ser utilizados os procedimentos de hidrossemeadura e manta vegetal. Nos taludes de aterro será realizada somente a hidrossemeadura. Entende-se por hidrossemeadura o jateamento de sementes misturadas com adubos minerais, massa orgânica e adesivos, mulch, utilizando água como veículo. Tem as vantagens da rapidez e da facilidade de execução, notadamente em taludes muito inclinados e altos, permitindo uma composição de espécies diferenciadas (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Figura 13 Revegetação de taludes – A: Atividade de coveamento; B: Aplicação da manta vegetal projetada (MVP); C: Talude revegetado; D: Estágio de desenvolvimento após 13 dias de revegetação.



Fonte: CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017.

Para a revegetação será utilizado um mix de sementes de leguminosas e gramíneas, correspondentes a espécies que apresentem crescimento rápido, baixa exigência em fertilidade do substrato e alta capacidade de perfilhamento, e que melhorem as características do substrato através da fixação biológica de nitrogênio atmosférico (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Quadro 2 - Coquetel de sementes proposto para atividade de hidrossemeadura.

COQUETEL PROPOSTO	
Espécies	Quantidade (Kg/ha)
Aveia Preta. (<i>Avena strigosa</i>)	30
Crotalária. (<i>Crotalaria spectabilis</i>)	40
Crotalária. (<i>Crotalaria juncea</i>)	40
Estilosante. (<i>Estylosanthes guianenses</i>)	20
Feijão de porco. (<i>Canavalia ensiformis</i>)	40
Feijão guandú. (<i>Cajanus cajan</i>)	40
Milheto. (<i>Pennisetum americanum</i>)	20
Nabo forrageiro. (<i>Rafhanus sativus</i>)	35
Calopogônio. (<i>Calopogonium mucunoides</i>)	15
Total	280
COQUETEL PROPOSTO – TALUDE DE CORTE/ÁREAS LATERÍTICAS	
Espécies	Quantidade (Kg/ha)
Aveia Preta. (<i>Avena strigosa</i>)	30

Crotalária. (<i>Crotalaria spectabilis</i>)	40
Crotalária. (<i>Crotalaria juncea</i>)	40
Estilosante. (<i>Estylosanthes guianenses</i>)	25
Feijão de porco. (<i>Canavalia ensiformis</i>)	40
Feijão guandú. (<i>Cajanus cajan</i>)	40
Milheto. (<i>Pennisetum americanum</i>)	20
Nabo forrageiro. (<i>Rafhanus sativus</i>)	35
Calopogônio. (<i>Calopogonium mucunoides</i>)	20
Total	290

Fonte: CORP-IT-SSMA-033, 2017.

Embora não seja recomendado pelos órgãos ambientais, naqueles ambientes de solos densos (compactos) e de difícil revegetação, o uso de 20Kg/há de capim gordura (*Melinis minutiflora*), misturado ao mix recomendado, poderá auxiliar no recobrimento vegetal inicial de taludes (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Em taludes pouco inclinados, poderão ser plantados a lanço sementes de capim Quicuío (*Bachiaria humidicola*), na medida de 20Kg/há aplicado com plantadeira (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Controle de Processos Erosivos

Com intuito de conservar os recursos hídricos localizados na área de influência direta e indireta do empreendimento, diversos dispositivos são implantados e aplicados, como a revegetação de taludes, os filtros de rochas, enrocamento de taludes, bacias de decantação, drenagens provisórias e definitivas e aplicação de manta geotêxtil (bidim). (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Como medida complementar, será utilizada a lenha como suporte de controle de erosões, a seguir apresenta-se figura evidenciando a aplicabilidade do material como suporte fixador da manta (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

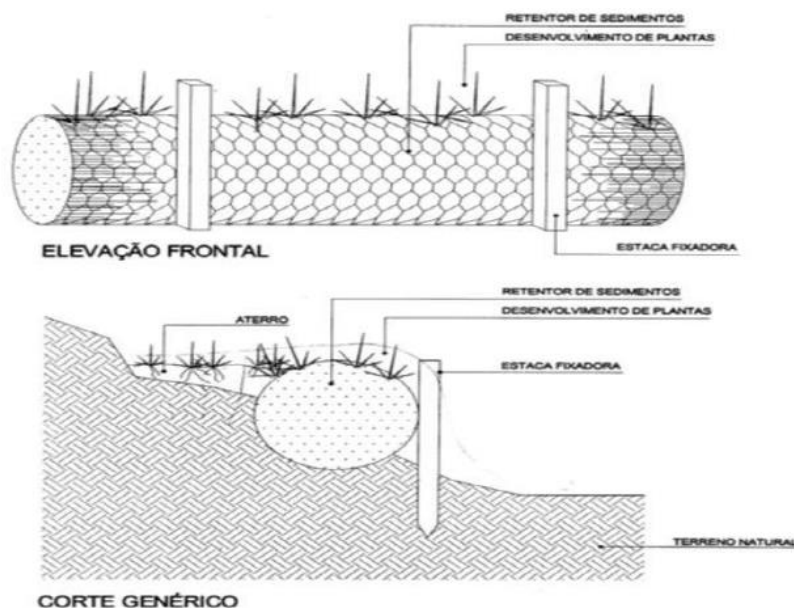
Figura 14 Evidência de aplicabilidade de lenha para implementação de manta geotêxtil no controle de erosões.



Fonte: (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Outro uso de lenha para fins de implementação de dispositivos de controles de processos erosivos e a sua utilização como fixadores dos retentores de sedimentos, conforme ilustrado na figura a seguir (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Figura 15 Utilização da lenha para fixação dos retentores de sedimentos.



Fonte: CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017.

Atividades da empresa não preveem intervenções em áreas de preservação permanentes, como matas ciliares e bordas dos platôs. Caso haja necessidade dessas intervenções deverão ser utilizados métodos apropriados para sua recuperação (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

- Localização, com indicação das coordenadas geográficas dos vértices das áreas de APP e RL das áreas que necessitam de recuperação;
- Mapeamento e caracterização do uso de cobertura do solo, dos remanescentes de vegetação nativa e de rede de drenagem superficial natural da área a ser recuperada;
- Indicação das quantidades de espécies nativas a serem plantadas (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Metodologias de Recuperação de APP e RL

- Condução da regeneração natural das espécies nativas;
- Plantio de espécies nativas (mudas, sementes, estacas);
- Plantio de espécies nativas conjugado com a condução da regeneração natural de espécies nativas (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

No estabelecimento dos modelos de plantio mistos deverá se focar a alta diversidade de espécies da floresta tropical e a importância ecológica dos diferentes grupos de sucessão ecológica. Deste modo, a colheita de semente deve ser principalmente quanto à origem e número de árvores- mães (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

As espécies arbóreas nativas da floresta tropical são consideradas predominantemente alógamas. Neste caso, a colheita de sementes deverá representar um tamanho efetivo igual a quatro para cada conjunto de sementes colhidas de uma árvore-mãe. Assim, deverá ser colhida igual quantidade de sementes de no mínimo 12 árvores-mãe. No caso de não ser possível encontrar o material genético adequado, recorrer-se-á então a uma base genética bastante ampla, trazendo sementes de várias origens, aumentando as chances de surgirem genótipos adaptados após recombinação futura (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Nas bordas dos platôs pode-se utilizar o método de semeadura direta manual a lanço e com plantadeira. Somados a este método deve-se depositar adubo onde serão plantadas sementes de leguminosas de pequeno porte com espécies forrageiras de baixa capacidade de absorção de nutrientes, distribuindo-se, diretamente no campo, sementes e outros propágulos em linha, covas

ou terraços. É uma técnica simples, mas que exige mão-de-obra em grande número e baixo rendimento por hora/área (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Nestas áreas deverão ser usadas espécies de sementes pequenas, principalmente das famílias das gramíneas, leguminosas e melastomatáceas, de fácil aquisição no mercado e de reconhecida agressividade para cobrir a área. A estes grupos deverão ser incorporadas espécies arbóreas na forma de mudas, desde que sejam observadas nas áreas, e que tenham bom potencial de estabelecimento nas áreas de bordas e encostas de platô (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

No caso da recuperação da área de reserva legal que foram ocupadas pela comunidade, antes de serem adquiridas pela Imerys, poderão ser utilizadas espécies de árvores frutíferas, ornamentais ou industriais exóticas, cultivadas em sistema intercalar ou em consórcio com espécies nativas (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Estas áreas terão como característica a alta compactação do solo o trânsito, fundações, benfeitorias e estruturas afins. Após o término das atividades sobre estas áreas, as mesmas serão reabilitadas e revegetadas (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

A revegetação se dará após desmonte das benfeitorias e uma subsolação de toda superfície utilizada, correção do solo e revegetação, com semeadura manual de gramíneas e leguminosas rústicas, a lanço (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

As árvores existentes sobre estas áreas serão preservadas integralmente. Posteriormente serão plantadas mudas arbustivas e arbóreas sobre a área com o intuito de promover uma sucessão natural de espécies nativas locais. Os plantios serão mantidos sob manejo e acompanhamento até a total estabilização da vegetação implantada. Após a revegetação, serão tomadas medidas de acompanhamento e manutenção dos plantios aplicados até a sua estabilização (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Produção de Mudras de Espécies Florestais Para Uso na Recuperação de Áreas Degradadas

A atividade de coleta de sementes de boa qualidade é muito importante para qualquer programa de produção de mudras, tanto para recuperação de áreas degradadas quanto para plantios de reabilitação de florestas em reserva legal ou áreas de preservação permanente. A atividade chave para atingir um máximo de diversidade de espécies produzidas e a coleta de frutos, sementes e plântulas. Por motivos genéticos é importante coletar sementes de várias matrizes. Na Mina da IMERYYS RCC já possui um viveiro de mudras para receber as espécies nativas representativas da região, existe um projeto e uma parceria com as comunidades do entorno da Mina, de forma sustentável as comunidades cultivam parte das mudras utilizadas no plantio das áreas degradadas, fortalecendo cada vez mais a cultura socioambiental na região. (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Figura 16 Mudras IMERYYS RCC, Mina RCC Ipixuna do Pará – PA.



Fonte: CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2022.

Os frutos, sementes e plântulas, após coletados são encaminhados ao viveiro onde serão identificados, através do livro “Árvores Brasileiras – Vols. 1 e 2”. Para isso o livro ficará sempre à disposição dos funcionários. Feita a identificação, é então gerada uma ficha com o nome popular e científico da espécie, a melhor maneira e o tempo de armazenamento das sementes, a forma de quebra

de dormência das sementes e o tempo para germinação, data de coleta, data de semeadura, data limite da germinação após a qual o canteiro será reformado (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Durante as etapas de coleta, extração e secagem ocorrem os maiores riscos de as sementes sofrerem danos, perdendo o seu potencial germinativo. Na maioria das espécies é necessário a extração das sementes e posterior secagem (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

A secagem dos frutos/sementes, à sombra ou sol dependendo da espécie (algum fruto após a desidratação ocorre a sua abertura e liberação das sementes), representa uma atividade que requer muita atenção e acompanhamento do técnico florestal (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Após a secagem dos frutos é necessário à remoção ou separação das sementes. Algumas espécies são facilmente separadas, outras são muito trabalhosas. Para extração de sementes de frutos secos utiliza-se: tesoura, faca, turquesa, alicate de bico, machadinho, martelo, peneira, etc. (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

As sementes que não forem semeadas imediatamente deverão ser armazenadas adequadamente para não perderem ou reduzirem sua capacidade de germinação. As sementes de espécies com baixo grau de umidade mantêm-se viáveis por longo tempo, podendo ser armazenadas e representando boa ferramenta no planejamento da produção do conjunto de espécies no viveiro (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Por outro lado, as sementes com alto grau de umidade mantêm-se com elevada respiração consumindo suas substâncias de reserva e diminuindo muito drasticamente sua viabilidade. Recomenda-se que estas sementes sejam semeadas logo após seu beneficiamento. Em caso de armazenamento estas sementes devem ser colocadas em recipientes como vidro, lata ou saco plástico grosso, saco de papel (este último o mais prático) e armazenadas em câmara fria. Obviamente a aquisição de uma câmara fria não consegue justificar-se na montagem de uma estrutura para o viveiro de mudas com objetivos não lucrativos, assim a geladeira doméstica bem regulada representa uma alternativa bastante interessante e barata para suprir esta necessidade (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Para a produção de mudas de qualidade deve-se inicialmente construir um viveiro de mudas capaz de garantir o perfeito desenvolvimento das mudas em sua fase inicial. Para a produção de mudas algumas questões são de fundamental importância, tais com a qualidade do substrato, as características das sementes, o processo de semeadura, o processo de aclimação e escolha para o plantio (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

É importante que se consiga um substrato de boa qualidade para que as sementes germinadas ou mudas transplantadas tenham o suprimento de suas necessidades de nutrientes atendidas e assim apresentem um desenvolvimento rápido e sadio (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

No viveiro, para as atividades de produção de mudas, deverá ser usado um substrato composto por terra preta, húmus e esterco de curral. Estes insumos formam um substrato muito bom e heterogêneo agregando diferentes qualidades atendendo muito bem as necessidades da planta (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Os húmus fornecem qualidades de estrutura do solo, capacidade de retenção de umidade, excelente capacidade de trocas catiônicas, o fósforo e nutrientes diversos, enfim qualidades da matéria orgânica. O esterco de curral além de oferecer as qualidades da matéria orgânica também oferece fonte mais rica de nutrientes, principalmente o nitrogênio, além de fósforo e outros (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

O uso de adubos químicos deve ser realizado apenas se constatado o insucesso da composição do substrato comentado acima. Busca-se que as mudas estejam bastantes resistentes às condições adversas que encontrarão no campo e a adubação química vai contra este princípio quando não buscamos produtividade da planta e quando haverá pouca assistência posterior ao plantio (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Sementes de muitas espécies florestais germinam muito bem quando colocadas em condições favoráveis de umidade, temperatura e oxigênio. Aquelas que não germinam sob tais condições são chamadas de dormentes (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

As dormências das sementes representam um problema ao viverista porque a germinação irregularmente causando desuniformidade no desenvolvimento do lote de mudas da espécie remetendo a manejos diferenciados no mesmo lote o que causa atraso e custos adicionais (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017)

Para minimizar os problemas relacionados à dormência existem tratamento que procuram efetuar a quebra da dormência das sementes e obter germinação mais rápida e uniforme. Abaixo são apresentadas alternativas práticas para a quebra de dormência que serão usadas no viveiro:

- Imersão em água fria – consiste na imersão de sementes em água fria durante períodos diferentes para cada espécie resultando na absorção de água pelas sementes acelerando e uniformizando a germinação do lote;
- Imersão em água quente – a imersão em água quente é utilizada quando as sementes apresentam um tegumento duro e impermeável à água. Consiste em aquecer a água a 80-100°C, colocar as sementes numa proporção de uma parte para cinco partes de água quente por tempo variável de acordo com as recomendações para cada espécie;

Escarificação – é usada também para sementes que tem tegumento duro e impermeável à água. Consiste em esfregar as sementes contra uma superfície abrasiva, como lixa de papel, lima ou esmeril fazendo um pequeno corte na casca, sem danificar o embrião viabilizando a absorção de água (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Na sementeira serão utilizados sacos nas medidas 10cm X 18cm/ 0,15 de espessura para a produção de mudas de espécies que possuem semente grande e elevadas taxas de germinação serão semeadas em canteiro e, após a germinação, transplantadas para sacos. As sementes serão enterradas até no máximo 0,5cm sendo cobertas pelo simples peneiramento do substrato sobre as mesmas, não permanecendo expostas na superfície do substrato (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

A repicagem é a retirada das mudas do canteiro de sementeira e seu plantio nos recipientes individuais (sacos). O tamanho ideal para a repicagem das mudas varia de acordo com a espécie, porém, pode-se tomar como indicativo o aparecimento de dois pares de folhas definitivas e raízes mais desenvolvidas. A

experiência do técnico responsável pela repicagem dará maior segurança para a realização desta atividade (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

A muda deverá ser retirada do canteiro com o torrão de terra e enterrada no recipiente individual até a altura do colo. As raízes não podem ser entortadas, dobradas ou enoveladas. As árvores com raízes tortas ou enoveladas não se desenvolvem normalmente, tombam com facilidade ou morrem no campo. Assim, quando as raízes estiverem muito compridas é necessário podá-las para acondicioná-las adequadamente no substrato do saco (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Após a repicagem será feita a irrigação do lote transplantado deixando-o sobre o sombrite até que apresente condições para transferência ao ambiente natural. A resistência à repicagem varia de espécie para espécie. O período pós-repicagem será acompanhado de perto pelo viveirista afim de minimizar as perdas (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Figura 17 Preparo de Mudas para o Plantio, Mina RCC Ipixuna do Pará – PA.



Fonte: CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2022.

Processo de Aclimação

O processo na verdade representa um conjunto de ações simples que buscam rustificar a planta reproduzindo um mínimo de similaridades com o ambiente natural.

Em primeiro lugar, as mudas com porte entre 8 a 10cm serão encaminhadas para um local de exposição máxima ao sol, de preferência durante todo o

dia. Neste momento inicial o lote de mudas será observado e irrigado frequentemente afim de minimizar os efeitos da mudança brusca das condições que a planta está sendo submetida. Gradualmente esta oferta de água será reduzida até atingirmos apenas uma irrigação por dia (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017)

O lote será disposto no terreno em linhas paralelas de 10 unidades dando um espaço maior entre lotes de 100 mudas, facilitando o controle do viveiro assim como no momento da composição do conjunto de mudas que irão ao campo. Serão realizados rodízios periódicos dos lotes, mudando-os de lugar, evitando o enraizamento indesejado no chão do viveiro (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Após o período de aclimatação serão selecionadas para o plantio as mudas que atingirem 20 a 30cm de altura, estas já terão condições de irem a campo. Para algumas espécies esse momento se dará quando atingirem 80cm. Espécies que atinjam alturas acima de 80cm serão verificadas quanto ao enovelamento das raízes ou o enraizamento da muda no chão do viveiro, o que torna inviável a sobrevivência das mesmas no campo (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Abertura de Covas e Plantio de Mudas

A abertura das covas poderá ser realizada manualmente com a utilização de cavadeiras tipo alavanca e/ou boca de lobo, assim como utilizando ferramentas mecanizadas e semi-mecanizadas. As dimensões das covas poderão ser de diferentes tamanhos, dependendo da análise técnica do profissional responsável pela atividade de revegetação das áreas degradadas (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Quando da cobertura de covas manuais, deverá ser feita a separação do solo superficial, primeiros 20cm, do solo subsuperficial, 20cm subsequentes. Quando da cobertura de covas mecanizadas ou semi-mecanizadas (moto perfuratriz, trado helicoidal mecanizado, entre outros) em função do equipamento utilizado não será possível a realização da separação dos solos superficiais e subsuperficiais (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Figura 18 Abertura de covas, Mina RCC Ipixuna do Pará – PA.



Fonte: CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2022.

Os plantios serão feitos nas linhas de escarificação do trator, em covas pequenas, médias e grandes, num espaçamento de 2 x 2m ou 3 x 4m ou 6 x 6m. As embalagens dos torrões das mudas serão removidas antes do plantio. Comumente, antes do plantio, recomenda-se aplicar a seguinte adubação: 150g de NPK (10-28-20), 150g de Calcário e 10g de FTE. Contudo, para o caso do plantio nas áreas de exploração de Caulim a serem recuperadas serão feitas análises preliminares da qualidade do solo para uma adequada formulação a ser aplicada (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Poderá ser adotado plantios sem espaçamento definidos, adensados e aleatórios (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

A marcação das covas será realizada com a utilização de estacas de madeira ou bambu de no mínimo 1,50m de altura e posteriormente servirão de tutores para as mudas plantadas espaçadas 4m entre si (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

O plantio será realizado dentro dos espaçamentos previamente definidos de acordo com as covas já abertas e deve ocorrer preferencialmente entre os meses do período chuvoso, que na região são os meses com maior pluviosidade, as mudas a serem plantadas deverão ser retiradas dos invólucros plásticos e/ou sacolas ou ainda tubetes e o torrão formado pelo substrato e raízes da muda (deve-se tomar o cuidado de não se quebrar o torrão que protege as raízes), acondicionadas nas covas, estas serão preenchidas até o nível do solo, as sa-

colas e/ou tubetes serão removidas da área de plantio para adequada destinação, espécies que possuam caule ainda tenro, herbáceo, serão tutoradas até seu pleno estabelecimento em campo. Após o plantio deve-se pressionar bem a terra com as mãos, para a retirada de bolsões de ar (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Ocorrerá nas áreas de plantio, onde, 45 dias após o plantio, e com o solo úmido, será realizada a primeira adubação de cobertura com utilização de 30g do fertilizante sulfato de amônia ou 10g de ureia por planta (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Deve-se repetir a adubação de cobertura a cada 45 dias. No segundo ano, durante o período das chuvas devem-se efetuar duas adubações, num intervalo de 60 dias uma da outra, utilizando o formulato NPK20-00-20, colocando-se 100g/cova. Os valores aqui expressos poderão ser alterados, mediante avaliação do técnico responsável pelo plantio e consideram-se os resultados das análises de solo, anteriormente citadas (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

O adubo deverá ao redor do caule da planta, tomando-se o cuidado de não deixar o fertilizante entrar em contato direto com as mudas, distanciando-se em 20cm dessas. Para áreas em declive deve-se utilizar a aplicação em semicorona, sempre na parte superior da cova. Já para as áreas planas o fertilizante deverá ser aplicado ao redor da muda (sistema circular). (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Para que a adubação não favoreça o crescimento de plantas invasoras, a aplicação do adubo deverá ser realizada após a capina ou sob condições de baixa infestação de ervas daninhas ou mato (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Para a destinação das mudas para as áreas de plantio, inicialmente, será realizada a roçada, por meio da limpeza superficial da área para auxiliar o plantio de mudas, evitando que sejam sufocadas pelas invasoras (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

O roço é realizado sempre que necessário, na área a ser plantada/reabilitada, com utilização de ferramentas manuais e mecanizadas, a altura do corte é de no máximo 3cm. Os resíduos orgânicos oriundos da roçada da área são

reduzidos e armazenados para posterior utilização como matéria morta (cobertura morta), realizando sua distribuição na base das mudas para proteção do solo ou até mesmo como adubação orgânica para compor o substrato a ser utilizado no preenchimento das covas, num raio de 80cm, tomando-se o cuidado de não encosta-los no colo da planta (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

O serviço de coroamento objetiva a retirada de plantas invasoras, caracterizadas como bastante agressivas, de modo a impedir que se desenvolvam e venham a competir com as espécies a serem plantadas. Este procedimento será realizado de forma manual com o auxílio enxadão (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

O coroamento deve ser realizado ao redor da muda, num raio mínimo de 80cm e durante a manutenção das áreas, no início e no fim do período das chuvas são executadas duas capinas no entorno das mudas, tomando-se o cuidado de evitar injúrias aos componentes arbóreos arbustivos existentes na área. O material vegetal e orgânico resultante desta atividade será depositado junto aos componentes arbóreos ou arbustivos, objetos da tarefa para a retenção de umidade e nutrientes. Também poderão ser utilizadas podas com o objetivo de condução silvicultural (melhorando a qualidade da madeira) ou para a remoção de pragas ou doenças que possam infestar os plantios. Quando a poda for mera condução o material vegetativo resultante poderá ficar na área em recuperação. No caso de remoção de pragas ou doenças, o material resultante é ensacado e devidamente destinado, conforme procedimentos previstos no sistema de gestão de resíduos sólidos da Imerys (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

A aplicação de calcário constitui prática fundamental quando os teores de Ca e Mg trocáveis no solo forem muito baixos. No caso de reflorestamentos, o objetivo principal da calagem não é o de elevar pH mas sim, mas sim de aumentar as disponibilidades de Ca e Mg para as mudas. Desta forma, a dosagem de calcário a ser aplicada pode ser determinada em função dos teores destes nutrientes (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Para estimativa da qualidade de calcário a ser aplicada preconiza-se uma análise química do substrato, voltados a identificação do pH, sendo que, caso

apresente um valor inferior a 5,6 recomenda-se a aplicação de calcário dolomítico, no mínimo 45 dias antes da operação de semeadura, cuja dosagem irá depender das respostas analíticas (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Nas áreas com baixos teores de Ca e Mg trocáveis e que não permitem a mecanização (por estarem localizadas em áreas de maior declividade), a aplicação de calcário poderá ser realizada diretamente no fundo ou ao redor da cova de plantio das mudas, utilizando-se de 200 a 300g por cova (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

As covas deverão ser adubadas e corrigidas de 30 a 45 dias antes do plantio, conforme necessidade de correção de acordo com os resultados das análises do solo. Após a aplicação do adubo químico deve-se misturá-lo à terra retirada da cova. A adubação química deve seguir a recomendação específica para cada área, conforme análises químicas do solo, porém, com uma recomendação padrão sugere-se, 300g do adubo NPK na formulação 03:30:06 por cova ou de acordo com o recomendado pela análise do solo, focando principalmente no maior teor de fósforo (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Figura 19 Aplicação de calcário, Mina RCC Ipixuna do Pará – PA.



Fonte: CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2022.

Deverão ser realizadas inspeções periódicas de campo para verificar o ataque de formigas cortadeiras. O controle de formigas cortadeiras em torno de 15 dias antes do início do plantio, através da aplicação de iscas granuladas, aplicadas no carreiro em dia seco e preferencialmente quando houver baixa humidade do ar. A quantidade de produto formicida utilizado será em fração da área total de terra solta do formigueiro, na dosagem de 10 g/m². As iscas serão aplicadas protegidas por embalagens plásticas. O raio de ação desta prática deverá

exceder no mínimo 20% da área que será efetivamente plantada, com o objetivo de se criar um sistema de defesa (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Utilizando-se dos mesmos mecanismos de controle, após 45 (quarenta e cinco) dias decorridos do primeiro combate, deverá ser efetuado um repasse, observando-se as mesmas técnicas e área inicial de trabalho (incluindo-se os 20% excedentes).

A aquisição do formicida deverá ser adquirida através da apresentação do receituário agrônômico, prescrita por profissional legalmente habilitado da empresa contratada pelo serviço de aplicação do produto, cópia do receituário e ficha FISPQ, licenças, autorizações e registros, necessários para o uso e aplicação de agrotóxicos, todos devem ser entregues ao departamento de saúde, segurança e meio ambiente/EHS da empresa Imerys (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

A embalagem do formicida utilizado na área deve ser devolvida ao fornecedor através da própria empresa contratada pelo serviço, apresentar a comprovação pela destinação. A empresa contratada para a aplicação do formicida deve possuir para o uso e aplicação de agrotóxicos, todos os equipamentos e EPI's necessários para a correta aplicação, conforme estabelecido pelo departamento de saúde, segurança e meio ambiente/EHS da empresa Imerys (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

As mudas devem ser irrigadas com 4 a 5 litros de água por cova logo após o plantio, caso o solo não esteja úmido. Para isso, pode-se utilizar um regador, em áreas pequenas ou um tanque pipa acoplado a um trator ou um caminhão pipa com mangueiras para a irrigação em áreas maiores (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Devem ser previstas também mais três irrigações até o estabelecimento das mudas e deve ser feita irrigação complementar sempre que se detectar o murchamento das mudas de espécies mais sensíveis. O planejamento de irrigação das mudas é imprescindível quando se realiza o plantio no final do período chuvoso ou durante a estação seca, durante a qual ocorre maior déficit hídrico (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Monitoramento de Vegetação Plantada

Entre as atividades de acompanhamento e manutenção, fica prevista a fiscalização nas áreas recuperadas envolvendo observações e o controle de:

- Incrementos em diâmetro, altura, ingresso e mortalidade, através de parcelas de monitoramentos;

- Perturbações naturais e/ou antrópicas, aqui caracterizadas como ocorrência de fogo, pisoteio e/ou retirada de muda;

- Processos erosivos (assoreamento, sulcos, ravinas e voçorocas);

- Funcionamento dos dispositivos de proteção e de drenagem;

Resultados da reabilitação ambiental implantada, bem como da avaliação do estabelecimento e desenvolvimento da cobertura florestal (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Obs: Fica na responsabilidade dos departamentos afins (planejamento de lavra e meio ambiente/EHS), para a reparação das ocorrências, pós-plantios como: Erosões, drenagens, descompactação, aração e drenagem, reposição e correção do solo orgânico, fertilização e replantios.

Periodicamente, antes dos períodos chuvosos, os dispositivos de drenagem serão vistoriados para avaliação da sua eficiência e para uma manutenção básica que consiste na limpeza das estruturas e reparo daquelas que por ventura estejam danificadas. Esta ação evitará a ocorrência de escoamento superficial e o carreamento de sedimentos, que possam causar danos às áreas revegetadas e recursos hídricos. Locais onde forem detectados focos erosivos deverão ser georreferenciados e fotografados, devendo ser alvo de ações específicas para a contenção das erosões (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Na fase de estabelecimento das mudas (30 dias após a aplicação), será verificada a existência de mudas mortas ou em estado irrecuperável, a ocorrência de pragas, as práticas de manutenção e a reposição de perdas, caso o clima seja favorável, se não, realizar troca de muda no próximo período chuvoso (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Nos sulcos e superfícies sem boa pega ou germinação, o plantio será feito, nos mesmos moldes do descrito para cada local. Também serão feitos replantios com mudas. Nesse caso as mudas mortas serão substituídas por outras

da mesma espécie e qualidade. Deve ser realizado quando o inventário de sobrevivência apontar um índice de mortalidade superior a 10% do total de mudas plantadas na área inventariada. Deverá ser realizado, se necessário, no período máximo de 60 dias após o plantio ou o início do próximo período chuvoso (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

O monitoramento se dará inicialmente após 45 dias, com replantio e considerando para este fim, 10% do total plantado. Replantios posteriores serão realizados periodicamente na estação chuvosa, durante os três anos de manutenção. Todos os replantios serão registrados, incluindo dados de localização, ano de plantio, espécie e causa da morte da planta (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Figura 20 Vegetação plantada, Mina RCC Ipixuna do Pará – PA.



Fonte: CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2022.

A avaliação da germinação consistirá na avaliação da emergência e estabelecimento em parcelas de 1m², e o crescimento das espécies consistirá na demarcação de parcelas permanentes com 10 x 20m. Os parâmetros avaliados serão a altura e o diâmetro nos cinco primeiros anos (CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2017).

Figura 21 Realização do Plantio, Mina RCC Ipixuna do Pará – PA.



Fonte: CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2022.

4. Resultados e Discussão

Avaliação Fotográfica

Avaliação fotográfica será realizada a cada semestre num período de 5 anos objetivando registrar o desenvolvimento da vegetação plantada nas áreas em recuperação (SGI IMERYYS, 2022).

Figura 22 Avaliação fotográfica (antes), Mina RCC Ipixuna do Pará – PA.



Fonte: CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2022.

Figura 23 Avaliação fotográfica (depois), Mina RCC Ipixuna do Pará – PA.



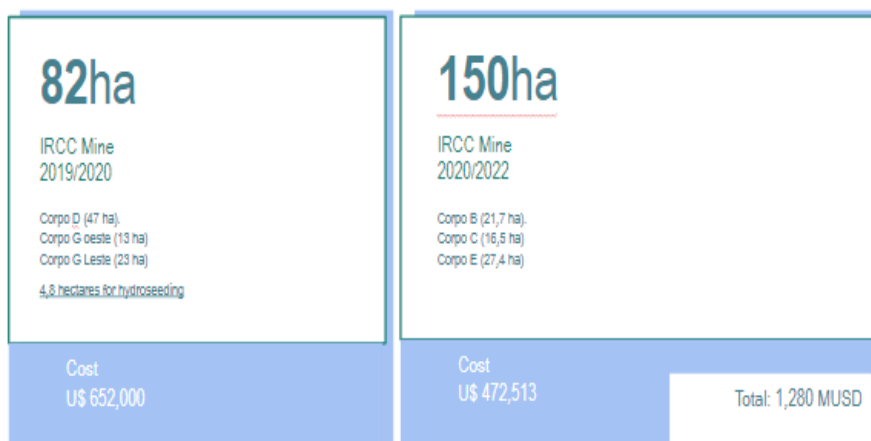
Fonte: CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2022.

Plano de Reflorestamento

Ao analisar o plano de reflorestamento pode-se constatar que após a implementação o PRAD da Mina RCC, obteve excelentes resultados, desde a sua captação de recursos para a posterior execução das atividades de RAD. Demonstrando avanços significativos de áreas reflorestadas no decorrer do tempo. Para exemplificar podemos observar os resultados na Tabela 1 que demonstram que:

De 2019 à 2020 uma área de 82 hectares estava no planejamento para ser reflorestada nesse período, destacando-se três cavas de minério que foram contempladas com o PRAD (Corpo D, Corpo G Oeste e Corpo G Leste).

De 2020 à 2022 uma área de 150 hectares estava no planejamento para ser reflorestada nesse período, destacando-se três cavas de minério que foram contempladas com o PRAD (Corpo B, Corpo C e Corpo E) (SGI IMERYYS, 2022).

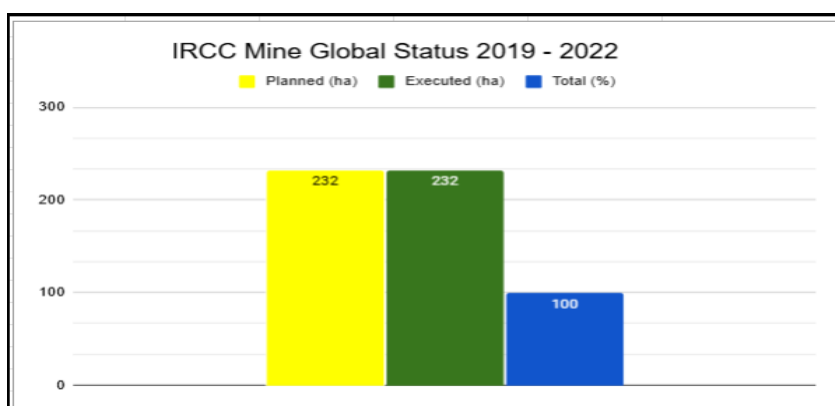
Tabela 1 - Planejamento Reflorestamento em Hectares do PRAD.**Reforestation Planning**

Fonte: CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2022.

O resultado global demonstrado no Gráfico 3, está 100% em consonância com o que foi planejado e executado (SGI IMERYYS, 2022).

De acordo com o plano de reflorestamento da Tabela 1, no período de 2019 à 2020, a empresa IMERYYS RCC conseguiu captar um total de recursos no valor de 1.280 Milhões de Dólares para investir no reflorestamento através do PRAD da Mina RCC (SGI IMERYYS, 2022).

Demonstrando comprometimento em atender a legislação no que se refere a recuperação de áreas degradadas pela mineração.

Gráfico 3 - Resultado Global Plano X Executado do PRAD.

Fonte: CORP-IT-SSMA-033, IMERYYS, 2022.

Neste estudo foi observado que todas as práticas de planejamento e execução do PRAD – Programa de Recuperação de Áreas Degradadas da empresa IMERYYS RCC, foram totalmente aplicadas e adaptadas satisfatoriamente. Isso demonstra que as atividades realizadas tiveram êxito em termos de atendimento à legislação vigente mantendo um bom nível de conformidade legal (FERREIRA, 2008).

Conforme levantamento de qualidade de espécies necessárias para a recuperação das áreas degradadas, bem como os tipos de espécies nativas e pioneiras e não pioneiras pode-se constatar de acordo com o que foi demonstrado nesse estudo, uma excelente adaptação dessas espécies nas áreas em processo de recuperação (PEREIRA, 2009).

É importante ressaltar que quando houver a necessidade de replantio das espécies não sobreviventes em um determinado período, essa porcentagem de espécies para reposição não foram acrescentadas nessa quantificação e qualificação do estudo do PRAD da empresa IMERYYS RCC (SGI IMERYYS, 2022).

Considerações Finais

O presente estudo, através de uma revisão bibliográfica, permitiu o conhecimento das estratégias de gestão ambiental aplicadas ao caso de compensação ambiental proveniente da mineração de Caulim, sendo necessária à atuação da empresa IMERYYS RCC para recuperar as áreas perturbadas com as atividades de mineração através do RAD (Recuperação da Área Degradada), avaliar o grau de desempenho da gestão ambiental, verificar se os resultados obtidos através do PRAD (Programa de Recuperação da Áreas Degradadas) implementado na empresa, está em conformidade com a legislação ambiental.

A empresa IMERYYS RCC apresentou resultados satisfatórios de conformidade das práticas aplicadas em relação ao PRAD, através das quais foi possível obter bons avanços de recuperação de áreas degradadas. Ratificando que a empresa utiliza um conjunto de práticas adequadas à prevenção de riscos e de impactos adversos e à correção dos principais processos de degradação, apresentando alta adesão e aderência ao programa de recuperação de áreas degradadas estando em conformidade com os principais requisitos legais.

Foi possível observar que as ações exigidas em leis foram aplicadas em sua maior parte no caso estudado. Demonstrando comprometimento com a legislação vigente e com foco em estratégias preventivas de gestão, postura proativas para manter um bom nível de engajamento de todos os stakeholders. Por outro lado, nota-se que o estado do Pará, por estar no cenário das atividades de degradação ambiental e desmatamentos florestais pelas atividades de mineração há anos, está bem institucionalizado com relação às práticas de conservação ambiental.

A prática de desenvolver um bom planejamento são essenciais e de suma importância. As adaptações em relação à aplicação das práticas de implementação do PRAD, demonstra que existem profissionais altamente capacitados e com bastante experiência na avaliação das peculiaridades de cada caso de RAD.

Devido ao fato de o processo de recuperação de áreas degradadas pela mineração ser bem estruturado, foi possível observar neste estudo e concluir que o estabelecimento do PRAD promoveu bons resultados de reflorestamento e cobertura vegetação nativa, sabendo-se que esses processos demoram alguns anos para acontecer e que seus respectivos resultados possam ser vistos a “olho nú”, e que a tendência é que o reflorestamento continue evoluindo gradativamente no decorrer do tempo.

Por fim, com o desenvolvimento desse estudo adquiriu-se informações e conhecimentos aqui divulgados que poderão contribuir com a elaboração de outros trabalhos de conclusão de curso, projetos de outras empresas, consultorias ou agências ambientais, servindo de instrumento no que se refere à gestão ambiental e como esse gerenciamento de riscos podem ser executados e implementados, através de um programa de recuperação de áreas degradadas.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13030/93.

ABRAHÃO, W. P.; MELLO, J. W. V. Fundamentos de pedologia e geologia de interesse no processo de recuperação de uma área degradada. In: DIAS L.E.; MELLO, J. W. V. **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos/SOBRAGE, 1988.

ALMEIDA, M. R.; LIMA, H. M. **Garantia financeira para fins de fechamento de mina e o seu impacto na viabilidade de uma mina: estudo de caso de uma mina de grande porte**. Revista da Escola de Minas, v. 61, n. 2, pp. 203-209, 2008.

ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

BRASIL. Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967. Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940. (Código de Minas). Diário Oficial da União. Brasília, DF, p. 2417, 28 fev. 1967.

BRASIL. Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989. Altera o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, cria o regime de permissão de lavra garimpeira, extingue o regime de matrícula, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, p. 12027, 20 jul. 1989, Seção 1

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 1 jan. 2017.

BRUN e tal. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração**, 2000.
CABRAL JUNIOR, M.; MOTTA, J. F. M.; ALMEIDA, A. S.; TANNO, L. C, 2008

CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL. **Projeto conceitual para recuperação ambiental da bacia carbonífera Sul Catarinense**. Volume I. Rio de Janeiro: CETEM, 2000. 78p.

OLDMAN, L. The global extent of soil degradation. In: GREENLAND, D.J (Ed.). **Soil resilience and sustentable land use**. Wallingford: CAB international, 1994. p.99-118

DIAS, M. C. O. (Coord.) **Manual de Impactos Ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999. 297 p.

EDUCA, Bras. "Mineração no Brasil Colonial"; *Educa Bras*. Disponível em: <https://www.educabras.com/aula/mineracao-no-brasil-colonial.htm> Acesso em 15 de agosto de 2024

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. de; DIAS, L. E.; CASTILHO, A. F.; FORTES J. L. O.; C. NETO, D.; CERQUEIRA L. S.; MOREIRA, J. F.; RESENDE A. S. **Revegetação de áreas degradadas pela mineração e processamento de bauxita**. In: ALBA, J. M. F. (Ed.). *Recuperação de áreas mineradas: a visão dos especialistas brasileiros*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. Cap. 14. No prelo. 31

FERREIRA, Gabriel; FERREIRA, Natália. **Exploração minerária e a recuperação de áreas degradadas**, Rio Grande, 2008.

GIUSTE, Hamilton. "Tecnologias Aplicadas à Extração Mineral "; *Profissão e Negócios*. Disponível em: <https://profissaoenegocios.com.br/2024/04/28/tecnologias-aplicadas-a-extracao-mineral/> .htm. Acesso em 07 de outubro de 2024.

GONÇALVES, Fernanda Coelho. **Efeito de plantas de cobertura sobre os atributos físicos de um solo construído na área de mineração-RS após três**

anos. Pelotas, 2008 Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas. Dissertação de Mestrado. 91p.

GRIFFITH, J. J. Recuperação conservacionista de superfícies mineradas: Uma revisão de literatura. Boletim técnico nº 2, Viçosa MG: UFV, 1980. 51p.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração:** técnicas de revegetação. Brasília, DF, 1990.

KOBIYAMA, M.; MINELLA, L. P. G.; FABRIS, R. Áreas degradadas e sua recuperação. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 22, n. 210, p. 10-17, 2001.

IBRAM, Mineração do Brasil. "Coletiva de imprensa Resultados"; *Ibram* Disponível em: https://ibram.org.br/wpcontent/uploads/2023/07/20230718_Coletiva-de-Imprensa-Resultados-1S23_rev02.pdf.htm Acesso em 05 de agosto de 2024 p.37.

JAZIDA, Blog. "**As Leis que Regulamentam a Atividade de Mineração no Brasil**"; *Bog Jazida*. Disponível em: <https://blog.jazida.com/as-leis-que-regulam-a-atividade-de-mineracao-no-brasil/htm>. Acesso em 11 de outubro de 2024.

MARTINS, V.S. et al. **Uma abordagem sobre diversidade e técnicas de restauração ecológica.** In: MARTINS, S.V. (Ed.) Restauração ecológica de ecossistemas degradados. 2015. p.19-41.

MECHI, A.; SANCHES, D.L. **Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo.** Estudos Avançados 24(68): 209-220, 2010.

PARÁ. Lei Estadual nº 5.887, de 09 maio de 1995. Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente do Estado do Pará e dá outras providências. Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/files/pdf/424.pdf>

PARÁ. Portaria nº 1324, de 11 de julho de 2018. Altera o anexo único da Portaria nº 794, de 23 de maio de 2017, da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará – SEMAS/PA. Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/files/pdf/638.pdf>

PARÁ. Instrução Normativa nº 02, de 25 de abril de 2012. Dispõe sobre procedimentos para protocolo de processos de licenciamento ambiental que dependem de Outorga Preventiva ou Outorga 70 de Direito de Uso de Recursos Hídricos. Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/files/pdf/88.pdf>

PATRÍCIO. **Avaliação de métodos de revegetação de áreas degradadas utilizados na mineração de níquel em Niquelândia, Goiás**, 2009.

PEREIRA. C. A. S. **Geologia da mina – Imerys RCC**. Ipixuna do Pará. 2009.

POLZ, James Alexandre. **Recuperação de áreas impactadas pela mineração de carvão a céu aberto em Santa Catarina: Gestão de rejeitos e revegetação**. In: . Carvão brasileiro: tecnologia e meio ambiente. Rio de Janeiro : CETEM/MCT,2008.

PROCEDIMENTO da empresa IMERYYS - SGI CORP-IT-SSMA-033, 2017.

PROCEDIMENTO da empresa IMERYYS - SGI CORP-IT-SSMA-033, 2022.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008

Relação entre os conceitos de degradação, restauração, recuperação e reabilitação com base em ABNT, NBR ISO 14001: 2016.

SILVA, F. L. da. **A extração de caulim no município de Equador – RN: implicações ambientais e sociais**. 2017. 93 f. Dissertação (Mestrado) – Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, PRODEMA/UFRN, Natal, 2017.

SILVA, S. P. Caulim. Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, Brasília 2001.

SOUSA, Rafaela. "Mineração"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/mineracao.htm>. Acesso em 01 de outubro de 2024.

SOUZA, M. G. 12.07.2002. **Fechamento de Mina**: Aspectos Legais. Disponível em: <http://www.brasilminingsite.com.br/artigos/artigo.php?cod=31&typ=1>