



FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE

GEOVANA RODRIGUES LOPES

**PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR PILHAS
DE ESTÉRIL EM MINERAÇÃO A CÉU ABERTO NA REGIÃO DO VALE DO
JAMARI - RO**

ARIQUEMES-RO

2021

GEOVANA RODRIGUES LOPES

**PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR PILHAS
DE ESTÉRIL EM MINERAÇÃO A CÉU ABERTO NA REGIÃO DO VALE DO
JAMARI - RO**

Trabalho de Conclusão de Curso para a
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Ambiental e Sanitária apresentado à Faculdade
de Educação e Meio Ambiente – FAEMA.

Orientador: Prof. Me. Felipe Cordeiro de Lima.

ARIQUEMES-RO

2021

FICHA CATALOGRÁFICA
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

L864p Lopes, Geovana Rodrigues
Proposta de recuperação de áreas degradadas por pilhas de estéril em mineração a céu aberto na região do Vale do Jamari - RO. / Geovana Rodrigues Lopes. Ariquemes, RO: Faculdade de Educação e Meio Ambiente, 2021.
58 f. ; il.
Orientador: Prof. Ms. Felipe Cordeiro de Lima.
Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária – Faculdade de Educação e Meio Ambiente, Ariquemes RO, 2021.

1. Cassiterita. 2. Mineração. 3. Pilhas de Estéril. 4. Recuperação ambiental. 5. Rondônia. I. Título. II. Lima, Felipe Cordeiro de.

CDD 628

Bibliotecária Responsável
Herta Maria de Açucena do N. Soeiro
CRB 1114/11

GEOVANA RODRIGUES LOPES

**PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR PILHAS
DE ESTÉRIL EM MINERAÇÃO A CÉU ABERTO NA REGIÃO DO VALE DO
JAMARI - RO**

Trabalho de Conclusão de Curso para a
obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia
Ambiental e Sanitária apresentado à Faculdade
de Educação e Meio Ambiente – FAEMA.

Banca Examinadora

Prof. Me. Felipe Cordeiro de Lima
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

Prof. Dr. Driano Rezende
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

Prof^a. Me. Liliane Coelho de Carvalho
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

ARIQUEMES-RO

2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me proporcionado vida e saúde durante toda essa jornada, por ter me guardado durante todos os momentos no decorrer desses cinco anos.

Agradeço à minha família exaltando meus pais Cleyde e Leandro, por serem exemplos de pessoas fortes e dispostas a correr atrás daquilo que acreditam e desde cedo mostrarem a importância dos estudos e então me proporcionarem essa grande oportunidade.

Ao meu namorado Afonso Henrique, dedico um agradecimento por todo amor, carinho e companheirismo dedicados ao longo da realização deste trabalho, por diariamente reforçar o quanto acreditava na minha jornada e no meu potencial. Sua parceria foi fundamental para enfrentar os dias mais difíceis.

Aos meus amigos, obrigada por todos os momentos que compartilhamos. Por estarem ao meu lado para me ouvir, dar conselhos e prestar apoio, mesmo que à distância. Afonso Henrique; Natália e Thalita vocês foram muito importantes nesta caminhada e acredito que ainda serão importantes nas trajetórias que virão, estarão guardados em meu coração sempre.

Agradeço por fim a Prof. Liliane que proporcionou conhecimentos sobre este tema em sala de aula e inicialmente me orientou dando o norte necessário para que eu pudesse realizar o meu trabalho de forma concisa e coesa, a mesma foi responsável por aperfeiçoar minhas ideias e sempre me incentivou na realização deste trabalho. Agradeço imensamente ao meu segundo orientador e também coordenador Prof. Mestre Felipe Cordeiro de Lima, que foi responsável por me ajudar a dar continuidade e finalizar meu trabalho, sempre me incentivando a quebrar os limites e transformar esse trabalho e este curso em muito mais que apenas uma pequena parte da minha vida.

Dedico o referido trabalho a toda minha Amada família. Aos meus pais, amigos, irmã e meu noivo e a todos que participaram de maneira direta ou indireta para que esse trabalho fosse realizado e pela constante presença, amor, apoio e total dedicação.

RESUMO

A lavra da cassiterita se caracteriza por ser uma atividade que gera um impacto significativo ao meio ambiente, sendo necessário para o componente socioambiental a recuperação dessas áreas após o fechamento da atividade. O estado de Rondônia é o segundo maior produtor de cassiterita do Brasil, a extração deste mineral é realizada a céu aberto e de forma mecanizada, diante desta realidade o estudo tem por objetivo diagnosticar e propor uma técnica para recuperação de áreas degradadas por material estéril proveniente da lavra da Cassiterita. O trabalho foi realizado com base em coleta de dados em visitas a campo e por meio de consulta na literatura. A área de estudo fica localizada no distrito Bom futuro situado no município de Ariquemes Rondônia, as atividades de mineração são executadas há décadas no local. A região escolhida sofre constantes alterações físicas, químicas e biológicas devido o processo de lavra e beneficiamento que ocorrem em tempo integral. As alterações contínuas desencadeiam diversos impactos como o desmatamento, alterações climáticas, erosão, contaminação dos recursos superficiais e subterrâneos, drenagem ácida no solo, fuga da fauna e extinção de espécies da flora. A recuperação desta área é de extrema importância para o equilíbrio ambiental e social da região. A técnica proposta para a recuperação é o método de nucleação que se caracteriza por ser grandemente vantajosa devido ser economicamente viável e ecologicamente eficiente. Esta técnica é desenvolvida por meio da inserção de núcleos vegetais, estes núcleos promovem a restauração ambiental aumentando a biodiversidade local. A área de estudo está submetida a diversos impactos diariamente, por meio da técnica de nucleação o ambiente terá sua interação e biodiversidade recuperadas fato que contribuirá para o bem-estar socioambiental da região.

Palavras-chave: Cassiterita. Mineração. Pilhas de Estéril. Recuperação Ambiental.

ABSTRACT

The mining of cassiterite is characterized as an activity that generates a significant impact on the environment, being necessary for the socio-environmental component the recovery of these areas after the closure of the activity. The state of Rondônia is the second largest producer of cassiterite in Brazil, the extraction of this mineral is performed in the open and mechanized form, in the face of this reality the study aims to diagnose and propose a technique for the recovery of areas degraded by sterile material from the mining of Cassiterite. The work was carried out based on data collection in field visits and by means of literature consultation. The study area is located in the district of Bom Futuro, in the municipality of Ariquemes, Rondônia; mining activities have been carried out there for decades. The region chosen suffers constant physical, chemical, and biological alterations due to the mining and processing processes that occur full time. The continuous alterations trigger several impacts such as deforestation, climate change, erosion, contamination of surface and underground resources, acid drainage in the soil, fauna escape, and extinction of flora species. The recovery of this area is of extreme importance for the environmental and social balance of the region. The technique proposed for the recovery is the nucleation method, which is characterized by being highly advantageous because it is economically viable and ecologically efficient. This technique is developed through the insertion of vegetable nuclei, these nuclei promote environmental restoration by increasing local biodiversity. The study area is subjected to several daily impacts, through the nucleation technique the environment will have its interaction and biodiversity recovered, which will contribute to the socio-environmental well-being of the region.

Key-words: Cassiterite. Mining. Waste piles. Environmental recovery.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Método Ascendente.....	18
Figura 2 - Método Descendente.....	19
Figura 3 - Plantio de mudas.....	24
Figura 4 – Técnica de nucleação	25
Figura 5 – Localização de área de estudo.....	27
Figura 6 – Localização de área de estudo.....	27
Figura 7 – Localização da área de estudo no ano de 1975	29
Figura 8 – Localização da área de estudo no ano de 2021	29
Figura 9 – Lavra da cassiterita.....	31
Figura 10 – Transporte da cassiterita ao processo de beneficiamento.	31
Figura 11 – Processo de beneficiamento da cassiterita – etapa 1	32
Figura 12 – Processo de beneficiamento da cassiterita – etapa 2.....	32
Figura 13 – Processo de beneficiamento da cassiterita – etapa 3.....	33
Figura 14 – Estéril originado na lavra	33
Figura 15 – Material estéril que não pode ser transformado.	34
Figura 16 – Barragem de rejeito.....	35
Figura 17 – Vegetação ao entorno.....	38
Figura 18 – Trabalhadores informais no processo de lavra.....	39
Figura 19 – Trabalhadores informais no ponto de emissão de rejeito.....	39
Figura 20 – Área de estudo no ano de 1975	52
Figura 21 – Área de estudo em 1985.....	52
Figura 22 – Área de estudo no ano de 1989	53
Figura 23 – Área de estudo no ano de 2001	53
Figura 24 – Área de estudo no ano de 2008	54
Figura 25 – Área de estudo no ano de 2010	54
Figura 26 – Área de estudo no ano de 2016	55
Figura 27 – Área de estudo no ano de 2017	55
Figura 28 – Área de estudo no ano de 2018	56
Figura 29 – Área de estudo no ano de 2020	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVO PRIMÁRIO	13
2.2	OBJETIVOS SECUNDÁRIOS	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	MINERAÇÃO DE CASSITERITA	14
3.2	LAVRA E BENEFICIAMENTO DA CASSITERITA	15
3.3	ESCAVAÇÃO	16
3.4	REJEITOS DA MINERAÇÃO	16
3.5	PILHAS DE ESTÉRIL	17
3.6	IMPACTOS AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO	19
3.7	TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO	21
3.7.1	Regeneração natural	22
3.7.2	Plantios de mudas	23
3.7.3	Nucleação	24
4	METODOLOGIA	26
4.1	ÁREA DE ESTUDO	26
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE MINERADORA	28
4.3	DIAGNÓSTICO DA DISPOSIÇÃO DOS REJEITOS DE MINERAÇÃO	28
4.4	PROPOSTAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	28
5	RESULTADOS	29
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E ATIVIDADE	29
5.2	DIAGNÓSTICO E IDENTIFICAÇÃO DE IMPACTOS	35
5.2.1	Meio Físico	35

5.2.2 Meio Biótico.....	37
5.2.3 Meio Antrópico	38
5.3 PROPOSTAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	40
5.3.1 Aplicação de Técnica De Nucleação.....	40
5.3.2 Espécies para o Raplantio	41
5.3.3 Monitoramento.....	43
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS.....	45
ANEXOS.....	52

1 INTRODUÇÃO

A extração mineral possui uma significativa importância para a história da sociedade pois, tal atividade fornece um grande número de minerais, matéria prima e insumos que são essenciais ao desenvolvimento das civilizações, ou seja, através do mineral retirado do subsolo é possível a fabricação de ferramentas, armas, utensílios e obras arquitetônicas, como aquedutos, edificações entre outros (FERREIRA, 2014).

A cassiterita ou cassiterite é um óxido que constitui o principal minério de Estanho, a cassiterita possui coloração forte e faz parte do sistema tetragonal, via de regra é prismático e bipyramidal. Normalmente, a cassiterita é granular e maciça. O mineral é reconhecido por sua dureza e densidade relativamente altas (DIAS *et al.*, 2018).

O Brasil se destaca por ser o quarto maior produtor, sendo que o estado de Rondônia se destaca pela produção em larga escala (SILVA, 2018). Este mineral se enquadra como um dos minerais que contribuem para o desenvolvimento econômico atual, pois é utilizado amplamente nas indústrias alimentícias, siderúrgicas dentre outras.

A lavra e o beneficiamento da cassiterita é realizado a céu aberto, sendo a maior parte do processo de lavra executado de forma mecanizada. Em todo o processo de lavra é gerado uma grande quantidade de resíduos, estes podem ser caracterizados como rejeitos e estéreis. O rejeito é um material de pouco valor econômico, que pode ser caracterizado como rejeito granular por possuir característica arenosa e pode também ser caracterizado como lama por possuir granulometria fina e com alta plasticidade (JUNIOR, 2018). Enquanto que o estéril é um agregado natural, e não possui valor econômico, estes são dispostos em pilhas na condição natural e esta disposição é realizada de forma contínua, ou seja, só cessa com o fechamento da mina (ARAGÃO, 2018).

As pilhas de estéreis geram um grande impacto visual e ambiental, pois os solos remanescentes podem possuir em sua composição compostos que em contato com a superfície se oxidam resultando assim em problemas como drenagem ácida, liberação de metais pesados dentre outros impactos. Através destas problemáticas o solo pode se tornar infértil dificultando assim o processo de regeneração natural. No entanto é de suma importância a utilização de técnicas para recuperação de tal área degradada (PULINO, 2010).

Os processos de recuperação de áreas degradadas são essenciais para qualquer área que sofreu com o processo de extração mineral, a regeneração natural apesar de ser uma técnica viável economicamente nem sempre é a melhor opção levando em consideração que as áreas

mineradas possuem um baixo teor de nutrientes no solo, dificultando assim o estabelecimento de espécies vegetais no local. O presente trabalho propõe uma técnica para a recuperação de áreas degradadas por pilhas de estéril de cassiterita, com o objetivo de minimizar os impactos gerados de forma a preparar a área analisada para a proliferação de espécies da fauna e da flora.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO PRIMÁRIO

Identificar os impactos gerados pela disposição das pilhas de estéreis de cassiterita em uma área de mineração no garimpo Bom Futuro Ariquemes/RO, bem como propor técnica de recuperação para área de estudo.

2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

- ✓ Realizar o diagnóstico ambiental de uma área de disposição de rejeitos;
- ✓ Identificar as características da atividade;
- ✓ Descrever as etapas da técnica mais adequada para a recuperação da área.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 MINERAÇÃO DE CASSITERITA

Atualmente a região norte possui como uma de suas bases para a economia a mineração. Explora-se nesta região uma diversidade de minerais, porém a cassiterita se destaca. A Cassiterita ou Cassiterite é um dióxido de estanho, encontrada facilmente em veios submetidos a altas temperaturas, ou associados a pegmatitas, um tipo de rocha ígnea, a mesma possui 78,7% de estanho e 21,3% de oxigênio em peso. Possui cor cinza, preta, vermelha, marrom, branca e amarela. Possui alta densidade relativa, dureza entre 6 e 7 na Escala de Mohs (NOGUEIRA, 2016).

No ano de 1903 sabia-se que o mineral Cassiterita já existia em diversas regiões do Brasil, sendo que o estado de Rondônia foi o último estado a se destacar na extração de tal mineral. No ano de 1963 as necessidades internas de cassiterita eram complementadas pela importação, porém o estado de Rondônia iniciou o processo de extração deste mineral, a partir daí modificações nacionais passaram a ocorrer, porém como as condições de garimpagem eram 80 % predatórias o Ministério de Minas e Energia proibiu a garimpagem no estado, a mesma só era permitida a empresas mineradoras que possuíam equipamentos mecanizados, contudo a exportação do mineral iniciou-se novamente na década de 70 quando grandes multinacionais chegaram no Brasil (FIRME e PINHO, 1975).

Este mineral é utilizado na fabricação de embalagens alimentícia de alumínio, está utilização se dá devido ao fato de que o material não permite alterar o verdadeiro sabor dos alimentos e evita sua oxidação fator um tanto importante para este tipo de indústria. Também é utilizado para a fabricação de ligas metálicas, revestimentos metálicos, entre outros (SANTOS, 2018). Mundialmente a maior produtora de cassiterita é a Ásia e nacionalmente a região norte é a maior produtora, que possuem 92% das reservas deste mineral (MÁRTIRES, 2008).

Antes da extração mineral é realizada uma série de estudos na área escolhida, dentre elas, está a pesquisa mineral que possui como objetivo definir uma evidência de que ocorra mineral no local, depois que este indício é confirmado inicia-se o processo de lavra e logo após o beneficiamento, cada processo possui uma finalidade e suas características (CARVALHO, 2013), nos itens abaixo serão descritas cada etapa relacionada à extração de cassiterita.

3.2 LAVRA E BENEFICIAMENTO DA CASSITERITA

O processo de mineração de uma área se baseia em ações como a perfuração e detonação de rochas dando sequência ao carregamento e transporte do minério. Tais operações podem ser realizadas tanto em ambientes expostos à superfície terrestre como em ambientes internos como o subsolo. Quando a extração de um mineral é realizada na superfície terrestre e não há necessidade de que o homem tenha acesso ao meio subterrâneo à lavra pode ser caracterizada como lavra a céu aberto, enquanto que aquelas realizadas no subsolo são denominadas de mineração subterrânea (CURI, 2017).

A lavra a céu aberto é a técnica mais utilizada nas áreas de extração mineral, tal método é preferível, pois apresenta diversas vantagens como viabilidade econômica, alta escala de produção, menor diluição, versatilidade, elevado nível de mecanização, recuperação do depósito e ambiente menos agressivo do que na opção subterrânea. Contudo, tal método também apresenta desvantagens como restrição da profundidade, altos investimentos iniciais, recuperação da área após o fechamento da mina, disponibilidade de terreno para disposição de pilhas de material estéril e barragens, entre outras (CARLI, 2013).

Existem diferentes métodos de lavras, sendo eles a lavra a céu aberto e a lavra subterrânea. A lavra a céu aberto é uma técnica comum devido a existência de uma variedade de minerais que podem ser extraídos na superfície, a lavra pode ser realizada em cavas ou em tiras. A lavra em cava é aquela que é realizada abaixo da topografia do local e a partir da escavação da área é formado uma espécie de cone invertido no solo. Enquanto a lavra em tira é uma técnica empregada principalmente em locais onde a extração mineral será realizada em camadas pouco profundas no solo, neste método os materiais estéreis não são transportados, sendo retirados apenas para obter acesso a jazida mineral e imediatamente depositado na área previamente lavrada (ADONES, 2012).

O beneficiamento da cassiterita é realizado de acordo com as características de cada depósito, quando o mineral é encontrado em forma de plácer, a cassiterita é aglomerada por meio de lavagem, separação magnética, densitária, eletrostática além das mesas vibratórias, nos depósitos plácer a recuperação do minério varia entre 90% a 95%. Quanto à ocorrência da Cassiterita está associada a rochas duras (depósitos de origem primária), faz-se o uso indispensável do processo mineral, no qual é submetido a britagem e cominuição, para diminuição do material obtido (DALLALBA, 2015).

3.3 ESCAVAÇÃO

A escavação do solo é um fator que altera de maneira significativa este meio, existe um impacto visual, físico e químico. Este processo se caracteriza por remover a camada superficial ou também denominada de camada fértil do solo e deixar exposto o solo remanescente, a escavação é um processo agressivo para o meio ambiente, vários fatores são alterados quando este processo acontece, a escavação atinge o lençol freático, então no processo de extração do mineral é necessário fazer a retirada da água que surge e enviá-la para outro local (MECHI, 2010).

Com a área desmatada e o solo remanescente exposto os processos erosivos passam a ocorrer, o processo erosivo é responsável por arrastar as partículas do solo, esse arraste é responsável por diversos impactos negativos em uma vasta área, pois o solo remanescente que é transportado possui em sua composição componentes químicos capazes de modificar a qualidade do solo e das águas superficiais e subterrâneas (SANTOS, 2018).

3.4 REJEITOS DA MINERAÇÃO

No processo de escavação é retirado uma grande quantidade de resíduos sólidos ou resíduos granulares. Os resíduos sólidos gerados neste processo de escavação são uma das causas do impacto ambiental das atividades de mineração, os mesmos se não dispostos de forma correta ambientalmente podem gerar sérios problemas como a drenagem ácida do solo, contaminação do lençol freático, dentre outros. De forma a minimizar custos e garantir a segurança, o seu processamento e armazenamento são um dos principais objetivos das mineradoras para o cumprimento dos requisitos ambientais, pois a eliminação dos resíduos está listada como um custo adicional e não há retorno para o projeto (LOZANO, 2006).

Existem dois tipos de resíduos gerados nas atividades de mineração sendo eles os materiais estéreis e o rejeito. Quando os depósitos são removidos, materiais sem valor econômico serão produzidos, o que é chamado de esterilidade. O material estéril é o material retirado no processo de lavra da mina enquanto os rejeitos são resultantes do processo de beneficiamento do minério, o mesmo possui em sua composição partículas dissolvidas e suspensas, metais pesados e reagentes, são altamente tóxicos, no entanto o mesmo é depositado em barragens. A disposição do rejeito na barragem pode ser realizada de um único ponto ou através de diversos pontos utilizando calhas ou torres de distribuição (CARVALHO, 2017).

As barragens devem ser dimensionadas seguindo critérios técnicos e geotécnicos, cada barragem possui sua particularidade, pois depende do tipo de rejeito que irá ser depositado. A geometria de uma barragem de rejeito da mineração depende da topografia local, do solo dentre outros fatores. A construção de uma barragem de rejeito é um processo contínuo, pois, a mesma deve passar por monitoramentos constantes durante todo o seu período de operação (MACHADO, 2007).

Após o fechamento da área de garimpo a área da barragem deve passar pelo processo de recuperação. O processo de recuperação é constituído por quatro etapas sendo elas o descomissionamento, tal etapa se caracteriza por designar uma série de ações necessárias para reduzir os impactos sobre o lençol freático, sobre a disposição do estéril, ou seja, é um processo de transição entre a paralisação das atividades de produção e o fechamento definitivo da atividade mineradora. A segunda etapa é a reabilitação, nesta etapa os impactos da atividade mineradora sobre o meio ambiente são reparados. A terceira etapa é monitoramento e a manutenção, a mesma ajuda a constatar que não existe mais impactos e caso tenha, realizar a manutenção da mesma. A última etapa é o pós fechamento, tal etapa se inicia a partir do momento em que a propriedade mineradora esteja regular em seus papéis ambientais e sociais (FLÔRES, 2006).

3.5 PILHAS DE ESTÉRIL

Os resíduos gerados pela indústria de mineração constituem o material de decapagem do depósito. Os materiais que constituem a substância estéril podem ser representados por solos e rochas com diferentes tamanhos de partículas e diferentes propriedades, que são transportados por veículos e armazenados em forma de pilhas em alturas contínuas. Como o lançamento e a disposição final dos materiais escavados são realizados em uma sequência irregular liberada pela nova frente de lavra, em princípio, a pilha de estéril constitui uma estrutura extremamente heterogênea e naturalmente complexa (SOBRINHO, 2014).

O estéril deve ser disposto de forma projetada, ou seja, estudos da área devem ser realizados para constar a viabilidade técnica e econômica. No entanto é essencial uma legislação constando informações necessárias de como dispor esse material. Visando essa necessidade foi criada a ABNT NBR 13029/2017 a mesma possui como objetivo:

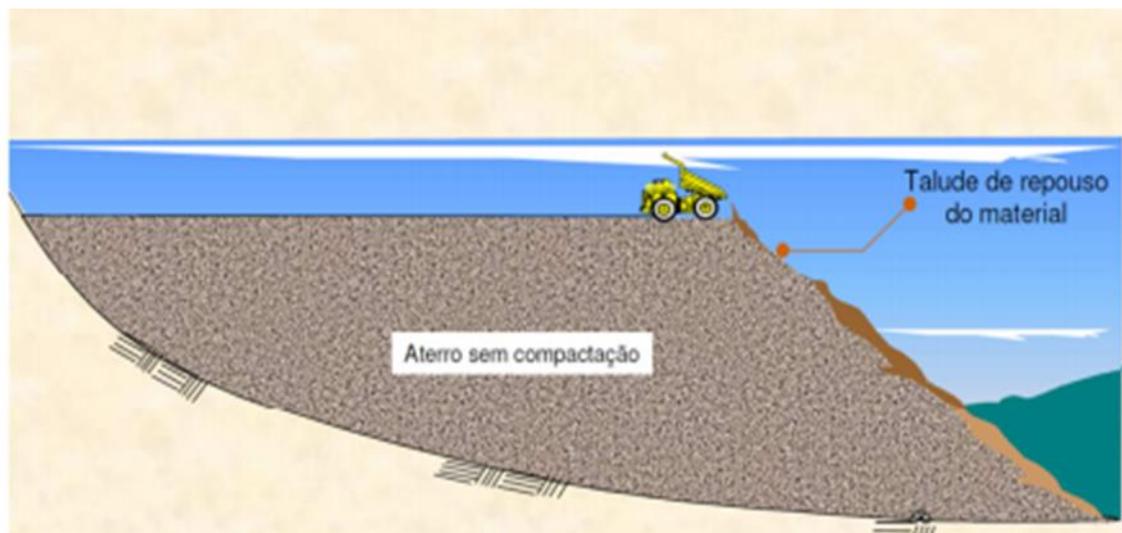
“Especificar os objetivos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de pilha para a disposição de estéril gerado por lavra de mina a céu aberto ou de mina

subterrânea, visando atender as condições de segurança, operacionalidade, economia e desativação, minimizando os impactos ao meio ambiente”.

Para a implantação de uma pilha de estéril o planejamento se inicia a partir da autorização do órgão ambiental, em seguida é realizada uma preparação do solo onde a vegetação será removida, os cursos d'água serão desviados, drenos de fundo serão implantados e dependendo da topografia do solo estruturas de contenção de sedimentos serão construídas (COSTA, 2018).

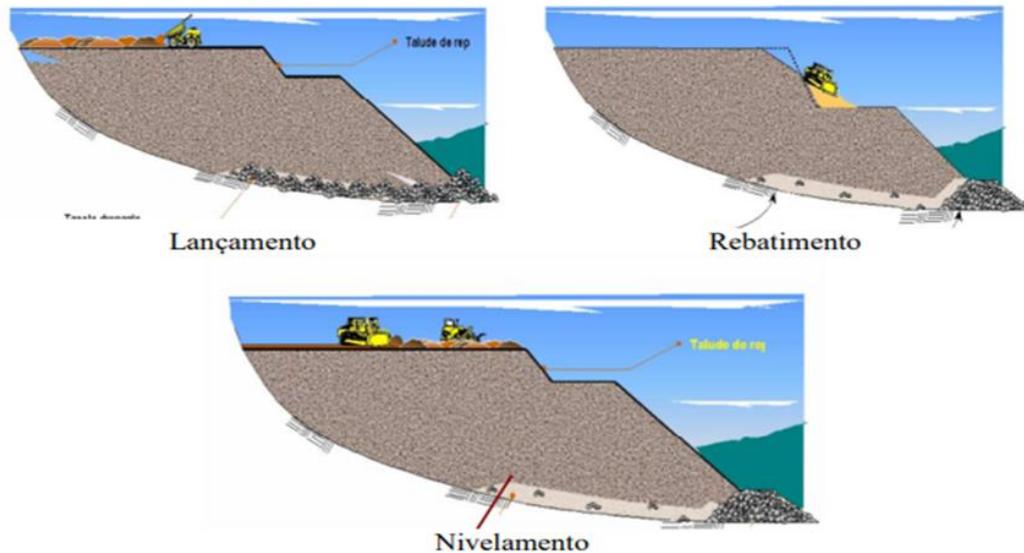
As pilhas de estéril podem ser construídas através de dois métodos sendo eles o método ascendente e descendente conforme ilustra as figuras 1 e 2. No método descendente o material estéril é descartado na crista da pilha sem nenhum controle ou planejamento, este método não apresenta condições de segurança, pois a pilha não sofre compactação e a fundação não passa por tratamentos. Já no método ascendente o material estéril é lançado nos locais de armazenamento, em seguida é nivelado por máquinas pesadas, de forma controlada, esta técnica apresenta fatores de estabilidade e segurança sendo a mesma recomendada (TEIXEIRA, 2011).

Figura 1 – Método Ascendente



Fonte: Teixeira, (2011).

Figura 2 - Método Descendente



Fonte: Teixeira (2011).

3.6 IMPACTOS AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO

Apesar de ser uma atividade que proporciona grandes impactos positivos para a economia do nosso país, a mineração gera grandes controvérsias devido aos impactos ambientais negativos que são proporcionados. O ato de desmatar e escavar o solo já geram uma infinidade de mudanças naquele ambiente. Uma das maiores riquezas da região norte é o seu potencial mineral, porém esta riqueza é responsável pela degradação ambiental da região. Os impactos negativos gerados são diversos, vão desde a alteração climática até o assoreamento de corpos hídricos e todos estes fatores demoram anos para serem reestabelecidos (ARAÚJO, 2014).

A maior parte das degradações são realizadas no processo de desmatamento e escavação da área, através dessas atividades são realizadas grandes modificações na paisagem, estes dois processos promovem a alteração do relevo e consequentemente da paisagem, promovem afugentamento dos animais, remoção de espécies vegetais e alterações climáticas (PINTO, 2018).

A vegetação é um componente de suma importância para o bom funcionamento do equilíbrio energético, para o equilíbrio dos ciclos hidrológicos e biogeoquímicos. A vegetação é responsável pelo processo de transpiração, a vegetação libera vapor de água no estado gasoso para a atmosfera, este fator associado à evaporação da água do solo pode ser denominado de

evapotranspiração. A evapotranspiração é considerada parte do ciclo hidrológico e está intimamente relacionado com a precipitação (PAZ, 2004).

No entanto para se realizar a extração mineral é necessário retirar a vegetação existente no local, o desmatamento realizado neste processo gera uma infinidade de modificações ambientais, neste processo todo o ciclo da natureza é modificado, desde o clima, precipitações até o processo de erosão no solo (SILVA, 2019).

A erosão acontece devido ao solo encontrar-se totalmente exposto a agentes naturais, a irregularidades da precipitação, umidade relativa do ar alterada, temperatura alterada. O processo erosivo é responsável por arrastar as partículas do solo, esse arraste é responsável por diversos impactos negativos em uma vasta área, pois o solo remanescente que é transportado possui em sua composição componentes químicos capazes de modificar a qualidade do solo e das águas superficiais e subterrâneas (SANTOS, 2017).

Vale ressaltar que dentre os impactos gerados pela atividade de mineração existe ainda a poluição do solo gerada pelo desgaste da área que está em constante contato com os efeitos climáticos e em constantes mudanças topográficas, os impactos causados no solo incluem desde a perda de bancos de sementes devido o desmatamento da área, perda da vegetação e biota local devido as constantes atuações humanas que afugentam os animais e compactação do solo (PORTELLA, 2015).

Além do solo utiliza-se uma grande quantidade de água em vários setores podendo ser eles a moagem, separação, britagem, desmonte hidráulico, concentração gravítica, dentre outros, o consumo de água na mineração inicia-se na implantação e encerra-se no fechamento do empreendimento. A água utilizada na mineração pode ser superficial ou subterrânea, a água de origem superficial é aquela proveniente de barragens, rios, lagos, dentre outros, no processo de mineração a sua utilização é mais indicada no processo de beneficiamento, já a água de origem subterrânea é proveniente de aquíferos, a mesma é utilizada quando há escassez da água superficial (SAMPAIO *et al.*, 2010).

Nos recursos de águas superficiais e subterrâneas, os impactos podem se dar em três níveis, sendo eles o elevado consumo de água, problemas relacionados a extração mineral em si e o risco de contaminação dos recursos hídricos. Durante o processo de escavação o lençol freático é rebaixado, a escavação ultrapassa as águas subterrâneas, no entanto a água é retirada, fato que pode gerar diferentes impactos como redução do fluxo de água nos rios, perda da qualidade da água e redução do volume de água em poços. No decorrer do processo de

mineração elementos tóxicos podem ser depositados em forma de rejeito ou estéril, quando este material entra em contato com os fatores naturais são convertidos em substâncias tóxicas, dando início a drenagem ácida que aumenta a acidez dos corpos de água (MILANEZ, 2017).

As atividades de extração mineral, ou seja, a lavra e o processamento podem contribuir de maneira significativa para a poluição das águas superficiais ou subterrâneas, esse impacto pode acontecer quando não existe um controle das operações praticadas. O material estéril depositado em pilhas também pode contribuir para a contaminação dos recursos hídricos, a lavra pode gerar contaminantes como óleos e reagentes químicos que podem ser enviados para a água. No entanto os impactos da atividade de extração mineral sobre os corpos d'água são extensos e complexos. Eles podem se dar pelo elevado consumo, pelas mudanças nos regimes hídricos, ou pela poluição hídrica. Além disso, não se limitam ao local da mina, podendo comprometer integralmente as bacias hidrográficas (OLIVEIRA e LUZ, 2001).

E por fim tem-se ainda a poluição atmosférica correlacionada ao processo de extração mineral, está presente desde a abertura da mina até o seu fechamento. Uma vez que a vida útil de uma mina se prolonga em dezenas de anos, os problemas relacionados à poluição do ar persistem por muito tempo. Portanto, os poluentes atmosféricos podem causar problemas ao meio ambiente e à saúde humana, podendo envolver grandes áreas ou longos intervalos de tempo. A poluição causada por partículas pode ter um impacto negativo na saúde das pessoas que vivem perto de grandes minas (ALMEIDA, 1999).

A atividade mineradora gera diversos tipos de poluentes atmosféricos, dentre os quais se destacam os óxidos de carbono (CO e CO₂), os óxidos de nitrogênio (NO), os óxidos de enxofre (SO), os hidrocarbonetos (Hc) e os particulados. O material particulado se destaca por apresentar um grande potencial poluidor devido ao fato de estar associado à quase todas as atividades de extrativismo mineral, o mesmo é resultado da queima de combustíveis, processos industriais, ou atividades de lavra (AMORIM, 2016).

3.7 TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO

Para recuperar as áreas degradadas pela mineração, ou propriamente pela disposição das pilhas de estéril é necessário primeiramente analisar a área contaminada e encontrar os impactos ambientais que estão ocorrendo no local, a partir de então consegue-se analisar as degradações existentes e propor técnicas de recuperação.

Inicia-se o processo de recuperação por meio da adequação ambiental da área. Na atividade de extração mineral sabe-se que uma vasta área é utilizada e degradada, toda essa área pode apresentar características físicas, químicas e biológicas diversas, no entanto a adequação ambiental é indicada para que assim toda a região do local degradado seja analisada e observada em sua totalidade. O zoneamento ambiental também é realizado com a intenção de analisar a topografia da região, o tipo de solo e o estado de degradação da área, o processo de zoneamento é realizado através do mapeamento por imagens. Desta forma consegue-se estabelecer técnicas diferenciadas de recuperação para cada tipo de degradação encontrada na propriedade (ATTANISIO *et al.*, 2006).

Após a finalização das análises da área estudada inicia-se os processos de recuperação. Em uma área degradada pode-se utilizar como técnica de recuperação a regeneração natural, técnica da nucleação, plantio de mudas, entre outras (TATSCH, 2011).

3.7.1 Regeneração natural

A regeneração natural é um processo em quase sua totalidade independente de ações antrópicas, isto é para que a mesma aconteça é necessário apenas que se interdite o local que pretende-se recuperar e a partir daí interações naturais de reestabelecimento do ecossistema passam a ocorrer, vale ressaltar que apesar de ser uma técnica que não necessita do homem para acontecer é bem-vindo nestas áreas ações como a adubação do solo, retirada de espécies exóticas dentre outras ações (MARANGON *et al.*, 2007).

A técnica de regeneração natural se caracteriza por ser uma técnica simples e de baixo custo, apesar destas vantagens a mesma depende intimamente do grau de degradação da área e do banco de sementes existente no entorno da mesma (KOBİYAMA, 2001). O método por recuperação natural acontece de acordo com a capacidade do meio ambiente se recuperar, tendo como base os processos sucessionais este fato a diferencia das demais técnicas de recuperação, a regeneração natural se caracteriza por ser um processo lento (MARTINS *et al.*, 2014).

A técnica supracitada acima é adotada com frequência em recuperação de áreas degradadas por agentes perturbadores simples, estes agentes podem ser o fogo, presença de espécies invasoras ou de animais domésticos (TIAGO, 2017). No parque Estadual Cachoeira da Fumaça localizado entre os municípios de Alegre e Ibitirama no estado do Espírito Santo a técnica de regeneração natural já ocorria quando o estado com o intuito de restaurar áreas consideradas prioritárias para a conservação da região entrou em ação. Dos 32 hectares que

necessitariam de restauração 4,8 hectares já constava um estágio inicial de regeneração, no entanto para que este processo fosse mais rápido foi realizado um plantio de enriquecimento, no final do projeto constatou-se que as áreas em estágio de regeneração natural possuíam um maior número de indivíduos em estágio consideravelmente avançado (FREIRE, 2013).

Logo sabe-se que a regeneração natural apresenta poucos distúrbios no solo, poucos problemas com doenças, não apresentam problemas com a origem geográfica das sementes, fato que a torna muito utilizada para a recuperação de áreas degradadas (JANKOVSKI, 1996).

3.7.2 Plantios de mudas

A técnica que envolve o plantio de mudas se caracteriza por ser uma ótima técnica pelo fato das mudas apresentarem rápido crescimento, maior produtividade, diferente da regeneração natural esta técnica não depende exclusivamente de um banco de sementes no local, as espécies das mudas plantadas podem ser escolhidas de acordo com a necessidade, levando em consideração o planejamento operacional e produtivo. Esta técnica também se caracteriza por ser onerosa devido aos riscos que sofre com a ação dos ventos, risco de ataque de pragas e doenças, além do tamanho da área que deverá ser revegetada, esta área na maioria das vezes é uma área considerável (LOPES, 2016).

Para que esta técnica se desenvolva de forma eficaz é necessário que o plantio seja realizado no período chuvoso, deve-se definir de forma correta quais as espécies podem produzir os melhores resultados em campo. Para o plantio de mudas inicialmente é realizado o manejo do substrato da área degradada, em seguida é realizada as covas e então a plantação da muda no solo, o plantio das mudas pode ser realizado através do modelo quincônico, este modelo se caracteriza por realizar a plantação de pioneiras nos vértices de um quadrado e de uma espécie clímax no centro (MEIRELES, 2016).

De acordo com um estudo realizado por Albano *et al.* (2016) uma área localizada no município de São Gabriel, estado do Rio Grande do Sul se encontrava em situação de degradação, no entanto foi exigido que tal área entrasse em processo de recuperação, para isto a técnica utilizada foi o plantio de mudas. Como resultado as mudas apresentaram um excelente desenvolvimento, o solo se apresentava em partes expostos, porém após dois meses de plantio já se percebia a existência de vegetação rasteira e mudas sadias conforme demonstrada a figura 3. O mesmo concluiu em seu trabalho que se as mudas continuassem com o bom

desenvolvimento a biodiversidade local seria diversificada, constatando assim a eficiência desta técnica.

Figura 3 - Plantio de mudas



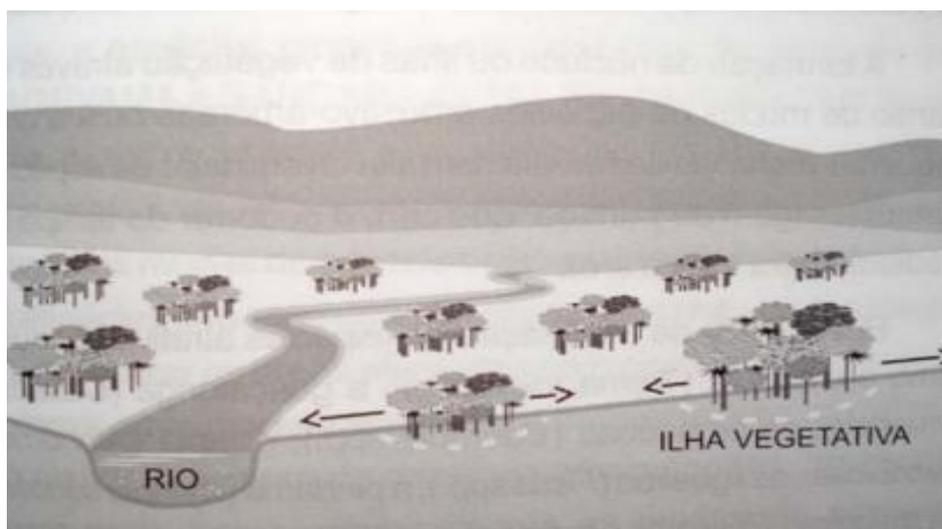
Fonte: Adaptado Albano *et al.*, (2017).

3.7.3 Nucleação

A técnica de nucleação possibilita o crescimento da biodiversidade local, contudo tal técnica pode ser considerada como sendo uma das melhores formas de implementar a recuperação de uma área através da sucessão, reestabelecendo as características da paisagem e condições microclimáticas (MINELLA e BUNDCHEN, 2016). A técnica de nucleação consiste no plantio de espécies em núcleos cujo objetivo é gerar pequenos habitats dentro da área degradada, desta maneira são criadas condições adequadas para o reestabelecimento natural do local, com a chegada de novas espécies vegetais e espécies da fauna novas interações serão criadas (SÃO PAULO, 2011).

Os núcleos possuem como papel facilitar o processo de recrutamento de novas espécies dos fragmentos vizinhos, do banco de sementes local e também influenciam os novos núcleos formados ao longo do tempo. Dessa forma, são criadas condições para a regeneração natural, como a chegada de espécies vegetais, animais e microrganismos e a formação de uma rede de interações entre eles. A figura 4 demonstra um exemplo da técnica de nucleação (TATSCH, 2011).

Figura 4 – Técnica de nucleação



Fonte: Tatsch, (2011).

A técnica de nucleação pode ser aplicada através de métodos diferentes sendo eles a transposição do solo e serapilheira que consiste em resgatar a micro, meso e macro fauna/flora do solo pela transposição de porções superficiais do solo das áreas naturais, sementeira direta e hidrossemeadura que se caracteriza por fornecer sementes ao solo a fim de promover a cobertura superficial do mesmo, poleiros artificiais que imitam galhos de repouso, ou seja, animais repousam neste galho e contribuem para a polinização no local, transposição de galharia consiste na formação de leiras a partir do acúmulo de materiais composto por lenha, resíduos de serraria ou qualquer outro material residual lenhoso e introdução de mudas em grupos adensados que possui como função selecionar espécies com alto poder de nucleação. Todos os métodos desta técnica são eficazes, pois promovem o incremento do processo sucessional (SOUZA e COSTA, 2010).

No ano de 2011, foi realizado um projeto que teve por objetivo analisar o potencial da técnica de nucleação em restaurar a ecologia da área de recarga hídrica em um cume de morro no centro urbano de Raposo 7º distrito de Itaperuna no estado do Rio de Janeiro. Foi utilizada a técnica de nucleação de Anderson, que inclui o cultivo de espécies pioneiras e secundárias em consórcio. As avaliações para monitoramento da restauração foram realizadas no mês de maio, julho e outubro de 2011. O crescimento óbvio foi observado em todas as espécies inseridas, tiveram crescimento mesmo durante os períodos de seca, indicando o sinal de sucesso no processo de recuperação, por fim o autor constatou que tal técnica se mostrou favorável ao restabelecimento vegetal na área estudada, sendo uma técnica de baixo custo e de fácil

implementação, a nucleação pode ser um importante recurso para a recuperação de áreas degradadas (FONSECA *et al.*, 2016).

4 METODOLOGIA

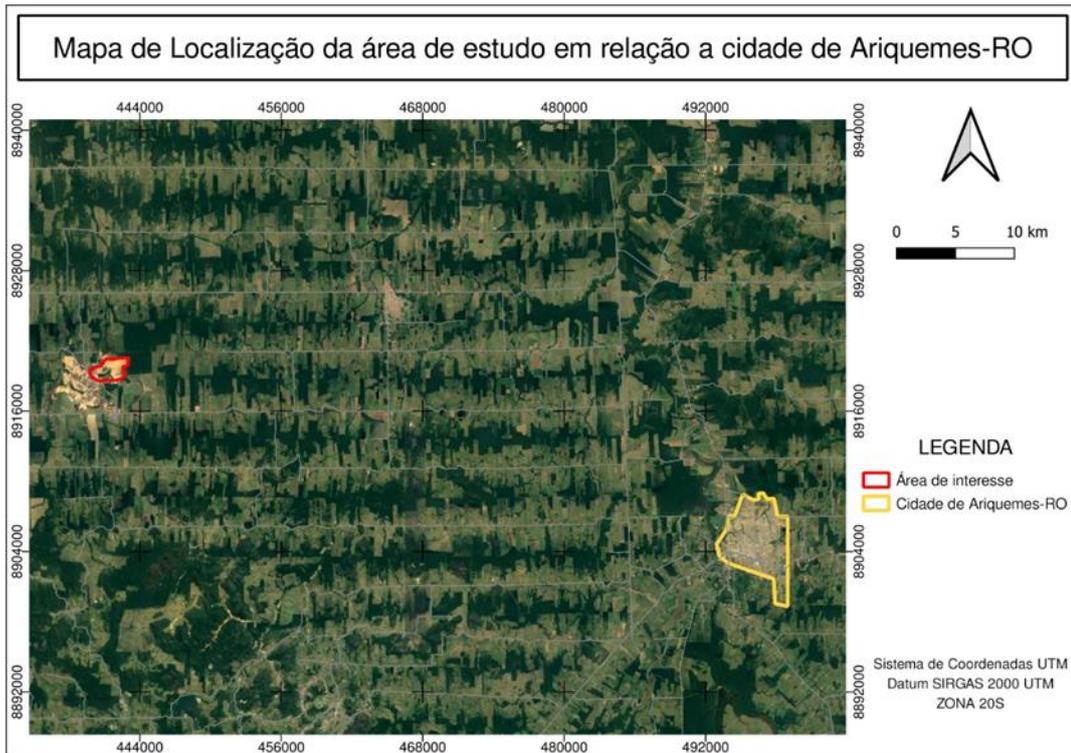
Este estudo pode ser classificado como descritivo e explicativo. Descritivo, pois apresenta os impactos negativos gerados pela mineração e os principais processos para se realizar a recuperação das áreas degradadas por pilhas de estéril. Explicativo por ter sido realizado a partir da coleta de dados, junto a uma empresa mineradora de minério de cassiterita, localizada na região de Ariquemes Rondônia, referentes à quantificação de impactos e a recuperação da área degradada.

A metodologia utilizada neste trabalho foi realizada com base na obtenção de dados primários na área de estudo, e secundários junto à empresa de mineração, além de consultas na literatura, como documentos, artigos, teses, dissertações e livros relacionados ao tema escolhido. Esta pesquisa tem por intuito buscar conhecimentos e técnicas para a recuperação das áreas degradadas pelas pilhas de estéril.

4.1 ÁREA DE ESTUDO

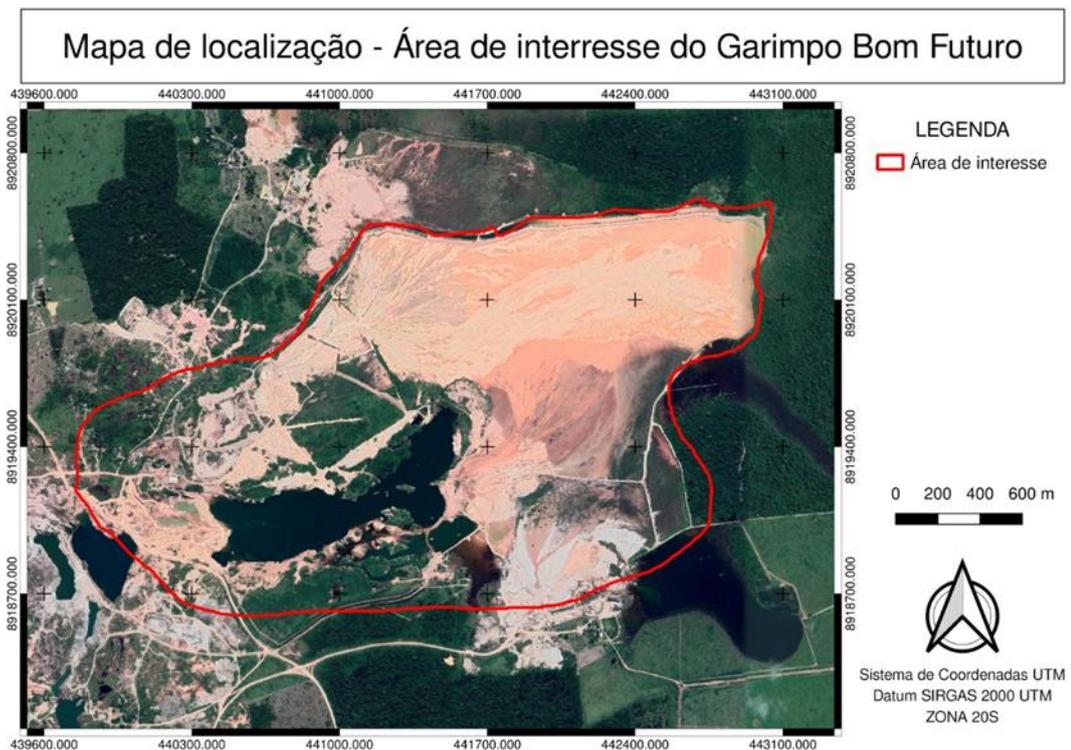
O presente estudo foi desenvolvido no município de Ariquemes, no Garimpo Bom Futuro. A escolha do mesmo justifica-se por ser o segundo maior produtor de cassiterita a céu aberto do país, sendo o primeiro maior produtor endereçado no estado do Amazonas. O Garimpo Bom Futuro está localizado na região central do estado de Rondônia (Figuras 5 e 6), a 132 m (metros) acima do nível do mar, latitude 09°47'47.63'' S e longitude 63°32'58.54'' O. O clima predominante nesta região é o clima equatorial (IBGE, 2019).

Figura 5 – Localização de área de estudo.



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 6 – Localização de área de estudo



Fonte: Autoria própria (2021).

A área escolhida para a realização deste trabalho passa pelo processo de extração mineral há décadas, como observa-se na imagem a área se encontra em quase sua totalidade escavada é possível visualizar a área onde é depositado o rejeito e o material estéril. A área do garimpo Bom Futuro é formada por duas colinas isoladas em uma região plana, possui um relevo residual com mais de 100 m de desnível. O local acima se encontra totalmente degradado fator um tanto preocupante para sociedade e o meio ambiente, o rejeito é depositado na barragem e as pilhas de estéreis são depositadas a céu aberto.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE MINERADORA

Para a realização deste estudo adquiriu-se dados sucintos e corretos, no entanto buscou-se embasamentos em documentos que possuem um conteúdo voltado para o tema escolhido e obteve-se informações cedidas pela própria empresa mineradora, para isso, realizou-se visitas ao local, onde todo o processo produtivo da cassiterita foi acompanhado, e então a partir desta procissão foram coletados dados relevantes para a execução do trabalho.

4.3 DIAGNÓSTICO DA DISPOSIÇÃO DOS REJEITOS DE MINERAÇÃO

Para obtenção de um o diagnóstico satisfatório foram adotas algumas técnicas, dentre elas pode-se citar o uso do *Qgis* na versão 3.14.15 PT. Com o intuito de verificar a área de interesse, foi realizado um *Check list* com o objetivo de quantificar os impactos socioambientais e por último realizou-se visitas ao empreendimento onde percorreu-se toda a área utilizada pela mineradora, iniciando-se tal acompanhamento pelo processo de lavra e finalizando o percurso na atividade de beneficiamento para a obtenção de dados primários.

4.4 PROPOSTAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

As propostas de recuperação destas áreas tiveram como base os diagnósticos obtidos nas etapas descritas no subitem 3.3, no entanto as propostas já analisadas possuem como base técnicas que necessitam da intervenção do homem e técnicas que não necessitam as mesmas são a regeneração natural por gramíneas e leguminosas e a técnica da nucleação.

5 RESULTADOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E ATIVIDADE

A extração da cassiterita no Garimpo Bom Futuro vem trazendo no decorrer do tempo diversos problemas ambientais e sociais, na figura 07 e 08 é possível observar e comparar a situação da área no ano de 1975 e no ano de 2020, a partir destas duas imagens é possível verificar como a área foi modificada no decorrer dos anos.

Figura 7 – Localização da área de estudo no ano de 1975



Fonte: Adaptado Google Earth (2020).

Figura 8 – Localização da área de estudo no ano de 2021



Fonte: Adaptado Google Earth (2020).

Atualmente e com base nas imagens acima é visível que a área de estudo não possui vegetação, a mesma possui topografia totalmente irregular devido às escavações realizadas para

alcançar os veios do mineral, a área ocupa um perímetro de 9,36 quilômetros e a área total do local é de aproximadamente 456 hectares. As atividades de mineração são realizadas há duas décadas no local.

No decorrer deste tempo de extração mineral consegue-se perceber nitidamente as diferenças na paisagem, no ano de 1989 o processo de ocupação da área foi iniciado, a ocupação do local naquele momento se deu de forma tímida, o local possuía a existência de vegetação e topografia sem extremas modificações, contudo um grande avanço aconteceu, e já no ano de 2001 a paisagem do local se encontrava completamente modificada. Segundo Foster (2012), neste período a região foi ocupada por cooperativas, fato que justifica a aceleração do processo de ocupação e extração mineral, as imagens em anexo ilustram o processo de ocupação da área no decorrer do tempo. A alteração drástica da paisagem traz consigo diversos impactos positivos e negativos tanto para a sociedade como para o meio ambiente. A área de mineração também é composta por escritório sede, que tem por finalidade atender as questões administrativas do empreendimento e existe também áreas designadas para o beneficiamento do mineral.

Diante do observado na visita a campo realizada no garimpo, o primeiro passo realizado para a extração da cassiterita é o desmatamento do local, em seguida inicia-se o processo de lavra que é realizado a céu aberto. O método de lavra da cassiterita é realizado em tiras, a escavação do local se dá de forma mecanizada. Vale ressaltar que não existe uma profundidade exata para se encontrar a mina, contudo para a identificação da cassiterita o operador da máquina detecta o minério a partir da visualização de um tom esbranquiçado no solo, a tonalidade esbranquiçada aponta para presença de cassiterita conforme demonstra a figura 09.

Figura 9 – Lavra da cassiterita



Fonte: Autoria própria (2020).

Para o transporte da cassiterita até o processo de beneficiamento utiliza-se de caminhões caçambas, conforme demonstra a imagem 10.

Figura 10 – Transporte da cassiterita ao processo de beneficiamento.



Fonte: Autoria própria (2020).

De acordo com Luz (2010), um mineral não pode ser utilizado tal como é lavrado, pois nem sempre é possível concentrar o minério de interesse, contudo a cassiterita da área de mineração escolhida é encaminhada para o processo de beneficiamento, pois se encontra envolvida por uma série de minerais e solo, inicialmente tal material é desagregado através do processo de britagem e moagem, o mesmo também passa por mesas vibratórias, conforme mostram as figuras 11, 12 e 13.

Figura 11 – Processo de beneficiamento da cassiterita – etapa 1



Fonte: Autoria própria (2020).

Quando a cassiterita é retirada do solo é enviada diretamente para o processo de beneficiamento, na estrutura apresentada na imagem acima os equipamentos como a peneira, rosca, moinho, mesa vibratória, trommel, bomba jato e bomba trommel ficam alocados neste espaço. Estes equipamentos são responsáveis por separar a cassiterita de materiais indesejáveis e que não possuem valor econômico.

Figura 12 – Processo de beneficiamento da cassiterita – etapa 2



Fonte: Autoria própria (2020).

A cassiterita passa pela mesa vibratória diversas vezes, de acordo com Buch (2019), tais mesas são essenciais para a concentração do mineral de interesse já que na maioria das vezes existem frações muito finas de outros componentes ali envolvidos. Após estes processos juntamente com o processo de lavagem o material se encontra pronto para ser comercializado.

Figura 13 – Processo de beneficiamento da cassiterita – etapa 3



Fonte: Aatoria própria (2020).

A partir do processo de lavra e beneficiamento realizados no local, são gerados na área uma grande quantidade de resíduos. O material estéril produzido na área de estudo é proveniente tanto do processo de lavra como do processo de beneficiamento, o estéril originado no processo de lavra se caracteriza por possuir em sua composição solo superficial e solo remanescente, ambos com propriedades completamente distintas como demonstra a figura 14.

Figura 14 – Estéril originado na lavra



Fonte: Aatoria própria (2020).

O estéril originado no processo de beneficiamento consiste em um material granular, fino que não se transforma e não possui valor econômico, conforme a figura 15 anexada abaixo, este material é disposto juntamente com o material estéril originado na lavra.

Figura 15 – Material estéril que não pode ser transformado.



Fonte: Autoria própria (2020).

De acordo com Sobrinho (2014) é de suma importância acompanhar a construção de uma pilha e realizar monitoramento sobre as mesmas, pois cada local e cada estrutura são singulares e possuem condições específicas. Apesar desta importância observou-se que as pilhas existentes e as pilhas que estão sendo iniciadas não recebem a devida atenção, ou seja, a legislação vigente não é atendida.

Além do material estéril existe ainda o rejeito, sua origem se dá apenas no processo de beneficiamento, no local o mesmo é enviado diretamente para a barragem através de um ponto específico, o rejeito gerado é composto por sedimentos com partículas extremamente finas conforme demonstra a figura 16.

Figura 16 – Barragem de rejeito



Fonte: Autoria própria (2020).

A barragem do local não recebe monitoramentos constantes fator um tanto preocupante, pois no seu interior existem toneladas de sedimentos que vem sendo depositados desde o início das atividades extrativistas no local. Segundo Machado (2007) é de suma importância monitorar as barragens devido ao fato das mesmas oferecerem riscos sociais e ambientais, contudo é necessário que se realize constantes inspeções técnicas e visuais.

Após os processos de lavra e beneficiamento, a cassiterita ou estanho como também é conhecido, é comercializado para a fabricação de ligas metálicas e uma série de outros produtos que fazem parte do cotidiano mundial.

5.2 DIAGNÓSTICO E IDENTIFICAÇÃO DE IMPACTOS

5.2.1 Meio Físico

A atividade extrativista de cassiterita trouxe ao local selecionado diversos impactos negativos ao meio físico. Segundo Farias (2017) a mineração altera de forma substancial este meio, pois a mesma provoca escassez do banco de sementes, erosão, contaminação dos recursos hídricos, alterações da paisagem dentre outros impactos.

A contaminação dos recursos hídricos no local se dá devido à má gestão de tal recurso natural, tanto os recursos superficiais como os subterrâneos sofrem alteração em sua qualidade. O processo de escavação se caracteriza pela exagerada profundidade que alcança, através da mesma o lençol freático passa a ser atingido, fator contribuinte para a contaminação da água, isto significa que devido a escavação ocorrer de forma mecanizada, vazamentos de produtos

tóxicos como óleo acontecem corriqueiramente. Além disso sempre que o lençol freático é atingido a água deve ser bombeada para outro local para que a extração do mineral não seja interrompida, todas essas ações que por sinal possuem como finalidade não interromper a produção da mina influenciam diretamente na qualidade da água.

De acordo com Bonumá (2016) os parâmetros mais alterados no processo de mineração são os sólidos e a turbidez, no entanto, na área de estudo existem outros fatores técnicos e ambientais envolvidos pois, a atividade de extração da cassiterita pode contaminar os recursos hídrico através de vazamentos de óleos e derivados na água, está contaminação compromete a água tornando-a imprópria para consumo e sobrevivência das espécies aquáticas.

A paisagem na área estudada é completamente alterada, o solo além de estar totalmente escavado recebe um grande fluxo de veículos, durante todo o processo de lavra e beneficiamento os veículos são utilizados para o transporte de resíduos ou até mesmo para o transporte da própria cassiterita que necessita ser enviada para cada etapa que engloba o seu processamento, essa movimentação diária seja de máquinas pesadas ou veículos pequenos tornou o solo compactado. Segundo a Embrapa (2005) a compactação do solo dificulta o crescimento da vegetação, para tanto, mesmo que exista um banco de sementes próximo ao local, será necessário realizar um revolvimento no solo com o intuito de facilitar a futura recuperação da área.

Constatou-se também a existência de poluição atmosférica, todos os dias são lançados poluentes atmosféricos seja pela movimentação dos veículos ou pela extração da cassiterita. O deslocamento dos veículos libera uma grande quantidade de gases, como o monóxido de carbono que contribui para o efeito estufa e no processo de lavra são liberados materiais particulados, estes materiais particulados podem ser considerados como o principal problema atmosférico pois é uma quantidade significativa emitida diariamente.

A disposição dos resíduos gerados no processo de lavra e beneficiamento são atividades que também impactam de forma negativa o meio ambiente. A barragem do local não recebe monitoramento e em seu interior estão depositadas toneladas de rejeito, o qual possui composição completamente complexa.

No processo de lavra o estéril gerado é depositado em pilhas, na área percebeu-se que estas pilhas não são planejadas e tampouco monitoradas. As pilhas de estéril da área são complexas, pois em sua composição existe solo remanescente, solo superficial e um material

gerado no processo de beneficiamento, este material não é processado nem reutilizado o mesmo é disposto na pilha.

Os componentes possuem propriedades completamente diferentes, os mesmos ficam expostos a céu aberto e o solo não recebe preparação para que tais materiais sejam dispostos, no entanto os mesmos ficam expostos às intempéries naturais. Segundo Ferreira (2016) a exposição destes materiais gera drenagem ácida, pois a pilha está vulnerável a oxidação, percolação, lixiviação e erosão, a drenagem ácida compromete a qualidade do solo e dos recursos hídricos tornando-os impróprios para consumo humano, dessedentação de animais e habitats para seres aquáticos, o mesmo ainda afirma que medidas de controle e prevenção devem ser adotadas assim que as pilhas forem construídas, para que os impactos sejam mitigados.

5.2.2 Meio Biótico

Como dito anteriormente a atividade extrativista é desenvolvida à décadas, no decorrer deste tempo a área do garimpo foi completamente desmatada, contudo diversas mudanças foram e continuam sendo promovidas neste ambiente, foi por meio do desmatamento que a fauna e a flora foram completamente alteradas, na visita realizada a campo, percebeu-se que não havia a presença de animais silvestres e como o local foi desmatado a flora foi completamente retirada.

Segundo Neto (2013) a fuga da fauna se dá pela devastação dos habitats naturais, pelos ruídos e vibrações gerados através da movimentação dos equipamentos e detonação de explosivos, pelo comprometimento dos locais de dessedentação e pelo comprometimento do solo e da cobertura vegetal que após removidos, impossibilitam a produção de alimentos promovendo assim o afastamento destes animais. Ainda de acordo com o autor, a retirada da vegetação ocasiona perda do banco natural de sementes, fator que afetará o andamento de uma possível regeneração natural, ocasiona erosão do solo e emissões atmosféricas. Com base na visita percebeu-se que existe uma vegetação remanescente ao entorno do empreendimento, conforme demonstra a imagem 17, contudo a mesma pode contribuir para o banco de sementes do local facilitando assim a recuperação da área.

Figura 17 – Vegetação ao entorno



Fonte: Autoria própria (2020).

5.2.3 Meio Antrópico

Para o meio antrópico foram diagnosticados impactos positivos e negativos. Os positivos estão relacionados a geração de emprego e renda, ao fornecimento de matéria prima para as indústrias, e a promoção de arrecadação de impostos a serem investidos na gestão pública local. Segundo Campos (2017) a mineração é uma atividade que traz grandes retornos econômicos para a região.

Os impactos negativos diagnosticados foram a emissão de poeira e gases que poluem o meio ambiente e consequentemente pode causar doenças respiratórias nos trabalhadores e na população, que vive ao entorno do empreendimento. Essa poeira e gases são gerados no transporte dos materiais gerados na lavra, além disso foi constatado que existem diversos trabalhadores informais no empreendimento. De acordo com Diniz *et al.* (2019) o trabalho informal é o trabalho que se desenvolve fora do âmbito jurídico, no entanto estes trabalhadores além de não possuírem vínculo empregatício, não são bem-vindos no empreendimento, contudo os mesmos trabalham em condições degradantes e perigosas, conforme ilustram as imagens abaixo, 18 e 19.

Figura 18 – Trabalhadores informais no processo de lavra



Fonte: Aatoria própria (2020).

Na figura acima pode-se observar dois homens próximos a máquina que está realizando a escavação do solo para alcançar o minério, esses homens são popularmente conhecidos como requeiros, termo que significa catadores de restos de minério, que como demonstrado acima sempre estão munidos de pá, picareta e um saco. Os requeiros avançam durante a trajetória das retroescavadeiras em busca do minério, correndo para todos os lados, conforme o movimento das máquinas. Por meio desta tentativa na busca por minério de forma fácil acidentes ocorrem com muita frequência, fato um tanto preocupante, levando em consideração que em alguns casos estes acidentes podem ocasionar a morte do trabalhador informal.

Figura 19 – Trabalhadores informais no ponto de emissão de rejeito



Fonte: Aatoria própria (2020).

Os requeiros não estão presentes apenas na lavra da cassiterita, os mesmos também estão presentes no processo de beneficiamento, como demonstrado acima percebe-se uma grande quantidade de pessoas e algumas barracas, estas pessoas mineram o rejeito descartado no processo de beneficiamento com a intenção de encontrar algum tipo de minério com valor econômico. Esta atividade é extremamente insalubre, pois os mesmos ficam expostos a diversos riscos, foi verificado no local a presença de crianças que estão totalmente desprovidas de cuidados.

5.3 PROPOSTAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

No território de Rondônia a atividade de extração mineral é parte contribuinte para economia do estado, contudo é uma atividade que gera impactos extremamente negativos, esses impactos podem ser mitigados, porém infelizmente existe um pré-conceito muito grande entorno das técnicas propostas. O motivo principal deste preconceito está relacionado aos custos dessas técnicas que na maioria das vezes são altos, com base neste ponto e com base na necessidade da recuperação da área degradada, venho por meio deste estudo sugerir que para a recuperação das áreas degradadas pela pilha de estéril, a técnica de nucleação é a que mais se adequa para a área de estudo, pois além de ser uma técnica viável economicamente, é uma técnica que consta eficiência.

Segundo Tatsch (2011) a técnica de nucleação consiste em criar pequenos habitats (núcleos) em áreas degradadas para induzir a heterogeneidade ambiental, e fornecer condições para diferentes ambientes diferentes no espaço e no tempo. O papel do núcleo é facilitar o recrutamento de novas espécies dos fragmentos vizinhos do banco de sementes local e também induzir a formação de novos núcleos ao longo do tempo. Portanto, criam-se condições para a regeneração natural, como a chegada de espécies vegetais, animais e microrganismos e a formação de uma rede de interações entre eles. A partir das ilhas de vegetação, a vegetação secundária se expande e acelera o processo de sucessão na área degradada. São diversas as técnicas para a restauração através da nucleação, sendo elas a transposição do solo, transposição de galharia e plantio de mudas.

5.3.1 Aplicação de Técnica De Nucleação

Para a recuperação da área recomenda-se que inicialmente seja realizado o cercamento do local de estudo, pois o mesmo não é isolado, ou seja, existem diversos empreendimentos que

realizam a mesma atividade ao entorno, é importante possibilitar apenas o acesso da fauna ao local. Após o cercamento da área a nucleação será aplicada através das técnicas de transposição do solo juntamente com o uso de fertilizantes, e posteriormente o plantio de mudas.

Para o uso de fertilizantes será realizada uma análise química e física do solo no intuito de verificar os nutrientes escassos e introduzi-los no meio de forma correta, com o intuito de acelerar o processo de regeneração na área.

Como o tempo de extração mineral na área é muito longo, o solo apresenta suas características totalmente alteradas, o mesmo pode possuir nutrientes e componentes insuficientes para o desenvolvimento de espécies arbóreas, fato que afetara diretamente a sobrevivência de espécies da fauna. Pensando nesta situação inicialmente indica-se a transposição do solo. Segundo Marcuzzo *et al.*, (2013) esta técnica consiste em retirar um volume da camada superficial do solo, juntamente com a serapilheira de um local que esteja próximo e preferencialmente preservado e em segundo momento a área de interesse seja revegetada, com mudas de espécies nativas da região e espécies vegetais que são amplamente utilizadas na recuperação de áreas degradadas.

5.3.2 Espécies para o plantio

Para o replantio de mudas é de suma importância que sejam escolhidas espécies nativas da região, Cecchetto *et al.* (2014) confirma que as espécies nativas possuem diversas vantagens em relação às exóticas, ou seja, as espécies nativas garantem adaptabilidade ao clima e solo; melhor desenvolvimento metabólico; maior possibilidade de produzir flores e frutos saudáveis; fornecer alimentos para animais; promover a proliferação da espécie, prevenindo assim a sua extinção; previne o aumento de espécies invasoras exóticas e as doenças e pragas ocasionadas pelas mesmas. Além disso, as espécies vegetais são de extrema relevância para o aporte de matéria orgânica ao solo ou redistribuição dos nutrientes.

Levando em consideração a afirmação citada, escolheu-se espécies nativas da região, sendo elas o ipê amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl.) Nichols), copaíba (*Copaifera langsdorffii*), ingá de metro (*Inga edulis*), jatobá (*Hymenaea courbaril*), embaúba (*Cecropia*) e feijão guandu (*Cajanus cajan*).

O ipê amarelo é Planta decídua, amplamente descontínua e dispersa. Ocorre em floresta primária densa e em florestas abertas e secundárias. Deve-se ter o cuidado de não plantá-la em

locais sujeitos à inundação permanente. O local onde as mudas forem plantadas deve ter espaço suficiente para que a árvore possa desenvolver bem sua copa.

Segundo Carrero *et al.* (2014), a copaíba ocorre apenas no Brasil. Habita ambientes de floresta de terra firme e campos abertos. Árvore de grande porte, com tronco reto e cilíndrico, casca espessa e rugosa, de cor cinza a castanho-avermelhado, que se desprende facilmente do tronco. É muito utilizada na recuperação de áreas degradadas. Ainda segundo o autor Carrero o ingá de metro espécie nativa da Região Amazônica, encontrada em áreas de terra firme e várzea com solos pobres. Espécie bastante procurada pelo homem. Espécie de médio porte, possui crescimento rápido em locais de clima tropical, por isso pode ser caracterizada como sendo uma espécie pioneira na região norte.

Segundo Junior (2010) o jatobá é uma espécie *heliófita* ou *esciófita*. Apresenta dispersão ampla e irregular. Alcança uma extensão de 6 a 9 m e amplitude do tronco de 30 a 50 cm. A madeira é extremamente rígida e robusta. Os frutos têm alto valor alimentar para os animais. Pode ser plantado em áreas cercadas por vegetação ou áreas abertas como as áreas de clareira. Esta espécie é procurada pela fauna, e possui grande utilidade no replantio em áreas degradadas.

A embaúba será outra espécie utilizada na recuperação da área, pois a mesma se caracteriza por ter um crescimento rápido e de acordo com Salman (2008) é uma espécie pioneira, que prefere locais sombreados, é atrativa para a fauna pois disponibiliza alimento para aves e mamíferos como o bicho-preguiça e serve de morada para insetos, é encontrada com frequência em áreas degradadas.

Segundo Rocha e Monteiro (2019) o Feijão guandu é uma leguminosa, amplamente utilizada na melhoria das propriedades do solo, principalmente em locais que apresentam fatores de degradação, possui grande aceitação na adubação verde, devido à presença de um sistema de raízes profundas com maior grau de ramificação, sendo resistente também a escassez de água. O uso dessa espécie torna-se eficaz nas modificações e melhorias de solo degradado, essa leguminosa também ajuda no crescimento e desenvolvimento de mudas nativas, devido à característica de melhoramento do solo e pela produção de sombreamento.

Os núcleos serão compostos por grupos de cinco espécies com espaçamento de 0,5 metros de distância entre elas, observando que as espécies pioneiras estarão centralizadas e as não pioneiras estarão ao entorno.

5.3.3 Monitoramento

De acordo com Santos (2017) o monitoramento ambiental é a última atividade ou ação do processo de recuperação de áreas degradadas, o mesmo consiste em ser um método de observação e de coleta de dados e, no monitoramento é realizado uma supervisão ininterrupta e metódica de diversos fatores ambientais, sociais, econômicas e institucionais em que tem-se por objetivo identificar de forma qualitativa e quantitativa as condições dos recursos naturais. Bem como a variação destes recursos ao longo do tempo resultante da implementação dos processos de recuperação.

Após o plantio das mudas, o monitoramento inicial será com a intenção de verificar se as medidas adotadas para recuperação da área foram executadas de forma correta, em seguida será realizado um monitoramento para verificar a eficiência das medidas implantadas e por último será realizado, caso necessário, um monitoramento que tem por finalidade validar o método de recuperação, ou seja, este monitoramento é realizado quando os resultados não foram alcançados e necessitam serem corrigidos.

O período de monitoramento será algo relativo e intimamente ligado com fatores físicos e químicos da área. Levando em consideração apenas os fatores físicos que foram identificados neste trabalho, estima-se que o monitoramento será finalizado em um período de 6 anos. O monitoramento será realizado de forma semestral, este tempo está sendo estimado, pois é necessário haver a consolidação da área para se chegar a uma conclusão quanto as práticas adotadas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As áreas degradadas por pilhas de estéreis são responsáveis por diversos impactos negativos ao meio ambiente, a mesma é composta por uma diversidade de resíduos podendo ser eles solo remanescente, solo superficial e material produzido no processo de beneficiamento, estes materiais possuem diferentes granulometrias e composições, que estão expostos aos fenômenos da natureza e afetam diretamente a qualidade do solo e da água tornando-os impróprios para a sobrevivência dos seres aquáticos e para sobrevivência das espécies vegetais, o que consequentemente gera impactos socioambientais.

O local escolhido para estudo está em processo constante de transformações físicas e químicas. Pois a atividade de extração ainda não foi finalizada. Os impactos negativos gerados no local são facilmente perceptíveis, levando em consideração que o processo de extração já ocorre há um longo período de tempo.

As pilhas de estéril do empreendimento não passam por monitoramentos periódicos nem são planejadas de acordo com a legislação vigente, logo o solo onde a mesma se encontra não está preparado para recebe-lo, é válido ressaltar que os materiais dispostos na pilha são oriundos do processo de lavra e beneficiamento. Tais materiais em contato com as condições climáticas se transformam em materiais tóxicos.

Tendo como objetivo propor técnica para a recuperação desta área degradada foi proposto a utilização da técnica de nucleação, tal técnica além de ser eficiente promove a heterogeneidade ambiental, fato relevante, pois é através das condições criadas que o processo de regeneração natural se desenvolve através da chegada de espécies vegetais, animais e microrganismos. Além da técnica de nucleação é válido realizar a transposição do solo e fertilizantes para que o processo de regeneração da vegetação aconteça de forma rápida.

Como proposta futura sugere-se que seja realizada análise do solo e dos recursos hídricos, essas análises possuem como finalidade verificar quais alterações as pilhas de estéril realmente causam no meio físico e químico, a partir da detecção dos possíveis impactos será possível tratá-los, proporcionando assim uma melhor qualidade ambiental para a área de estudo.

REFERÊNCIAS

ADONES, Roberto. **Curso de especialização em lavra de minas a céu aberto métodos de lavra a céu aberto**. 2012. 76 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Geociências. Belém - PA, 2012.

ALBANO, Giciane Honorio; MEIJUEIRO, Déborah Victória Medici; MATTOS, Lunardo Soca; MOURA Wesley Nunes De; COPETTI, André Carlos Cruz; MUNHOZ, Julianne Marçal. Recuperação de área degradada: estudo de caso no município de São Gabriel – RS. **Anais do 9º salão internacional de ensino, pesquisa e extensão – SIEPE**. Universidade Federal do Pampa, São Gabriel – RS, 2017.

ALMEIDA, Ivo Torres de. **A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto**. 1999. 194 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Minas. São Paulo – SP, 1999.

AMORIM, Luiz Felipe Duarte de. **Avaliação do impacto atmosférico nas operações de uma mineradora de calcário**. 2016. 42 f. Trabalho De Conclusão De Curso (Bacharel em Engenharia de Produção), Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados – MS, 2016.

ARAGÃO, Giani Aparecida Santana. **Classificação de pilhas de estéril na mineração de ferro**. 2008. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Mineral) - Departamento de Engenharia de Minas da escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto - MG, 2008.

ARAUJO, Eliane Rocha; OLIVEIRI, Renata Damico; FERNANDES, Francisco Rego Chaves. Atividade mineradora gera riqueza e impactos negativos nas comunidades e no meio ambiente. In: _____. **Recursos minerais e sociedade: impactos humanos – socioambientais – econômicos**. Rio de Janeiro – RJ: CETEM – Centro de Tecnologia Mineral Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2014, 01-13 p..

ATTANISIO, Cláudia Mira; RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; GANDOLF, Segius; NAVE, André Gustavo. **Adequação ambiental de propriedades rurais recuperação de áreas degradadas restauração de matas ciliares**. Apostila de Recuperação, Universidade de São Paulo. Piracicaba - SP, 2006. 16 p.

BARBOSA, Karina Cavalheiro. **Chuva de sementes em uma área em processo de restauração vegetal em Santa Cruz das Palmeiras (SP)**. 2004. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro. Rio Claro – SP, 2004.

BONINI, Carolina dos Santos Batista; ALVES, Marlene Cristina; MARCHINI, Debora de Cássia; ARRUDA, Otton Garcia; NETO, Alfredo Bonini. **Produção de braquiária em área degradada em recuperação utilizando lodo de esgoto e adubação mineral**. Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas. Tupã - São Paulo, Brasil, v. 4, n. 3, p. 166–174, 2010. DOI: 10.18011/bioeng2010v4n3p166-174.

BRANCO, Allencar Jorge Kasper. **A chuva de sementes e o processo de recuperação de áreas degradadas pela mineração de rocha basáltica no oeste do Paraná**. 2018. 27 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Paraná. Palotina – PR, 2018.

CAMPOS, Alicelene Leonídia. **Benefícios socioeconômicos advindos da mineração: Estudo de caso do município de Araxá-MG e região.** 2017. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Minas). Centro Federal De Educação Tecnológica De Minas Gerais. Unidade Araxá. Araxá – MG, 2017.

CARLI, Carla de. **Análise de projetos limite: Lavra a céu aberto X lavra subterrânea.** 2013. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, 2013.

CARRERO, Gabriel Cardoso; PEREIRA, Raylton dos Santos; JACAÚNA, Marcelo do Amaral; JUNIOR, Manuel de Jesus Vieira. **Árvores do Sul do Amazonas: Guia de espécies de interesse econômico e ecológico.** 2ª edição. Manaus: IDESAM, 2014. 116p. ISBN 978-85-64371-23-1.

CARVALHO, Artur Chaves de. **Fechamento de Minas.** 2013. 48 f. Monografia (Pós-graduação em Engenharia de Recursos Minerais), Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte - MG, 2013.

CARVALHO, Wesley Durval Soares de. **Sistema de disposição compartilhada de estéreis e rejeitos desaguados da mina de Fernandinho.** 2017. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto, Programa de Pós-graduação em Geotecnia. Ouro Preto – SP, 2017.

CECCHETTO, Carise Taciane; CHRISTMANN, Samara Simon; OLIVEIRA, Tarcísio Dorn de. **Arborização Urbana: Importância e benefícios no planejamento ambiental das cidades.** XVI SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO NO MERCOSUL. Universidade de Cruz Alta. Cruz Alta – RS, 2014.

COSTA, Glayce Wiviyane Oliveira. **Critérios operacionais para redução da contribuição de sedimentos gerados em pilhas de estéril.** 2018. 89 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental. Belém – PA, 2018.

CURI, Adilson. **Lavra de Minas.** São Paulo, SP: Oficina de textos, 2017. 62 p. ISBN 978-85-7975-250-6.

DALLALBA, Pablo. **Lavra e Beneficiamento Mineral de Cassiterita em um Município de São Felix do Xingu.** 2015. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Minas), Centro Universitário Luterano de Palmas. Palmas – TO, 2015.

DIAS, Coralie Heinis; CHAVES, Mário Luiz de Sá Carneiro; CARDOSO, Daniel Kroeling Rodrigues. **Recursos Minerais De Minas Gerais – Estanho.** Universidade Federal de Belo Horizonte. Belo Horizonte – MG, 2018. Disponível em:<<http://recursomineralmg.codemge.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Estanho.pdf>>. Acesso em 28 de agosto de 2021.

DINIZ, Moniele de Fátima; DELMIRO, Patrícia Carla de Souza Rocha; LULA, Waltimar Batista Rodrigues. **O trabalho informal e precário dos garimpeiros na extração do minério Caulim no município de Tenório – PB: Um estudo sobre os ``Homens-Tatus``**. Tenório – PB, 2019.

DUTRA, Ricardo. **Mineração – Atividades & Responsabilidades**. [s.n.]. Disponível em: <<http://www.apemi.eng.br/mineracao-atividades-e-responsabilidades.pdf>>. Acesso em 28 de abril de 2021.

FREIRE, Karyne Sanglard da Fonseca. **Avaliação da regeneração natural como indicadora de restauração florestal no parque estadual Cachoeira da Fumaça, ES**. 2013. 40 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal), Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro - ES, 2013.

FERREIRA, Felipe Artur Bernardo. **Pilha de estéril: Dimensionamento e classificação**. 2016. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Geologia de Minas e Técnicas de Lavra a Céu Aberto) – Faculdade de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará (UFPA). Belém - PA, 2016.

FERREIRA, Kleydiane. **Mineração e sociedade: A busca pela licença social para minerar**. 2014. 73 p. Monografia (Pós-graduação em Engenharia de Recursos Minerais), Departamento de Engenharia de Minas - Escola de engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte - MG, 2014.

FIRME, Eliana Ferreira; PINHO, Cario P. da Cunha. **Aspectos da economia da cassiterita. Estudo de economia mineral**. (S.L.), p.35, 1975.

FLÔRES, José Cruz do Carmo. **Fechamento de mina: Aspectos técnicos, jurídicos e socioambientais**. 2006. 337 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Estadual de Campinas. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Campinas – SP, 2006.

FONSECA, Clovis da; SAROBA, Cileny Carla; THOMÉ, Marcos Paulo Machado. **Recomposição florestal através do método de nucleação e poleiros naturais na recomposição de áreas degradadas: um estudo de caso**. Revista Interdisciplinar do Pensamento Científico. ISSN: 2446-6778. Nº 1, volume 2, artigo nº 17, Janeiro/Junho, 2016. D.O.I: <http://dx.doi.org/10.20951/2446-6778/v2n1a17>.

FOSTER, Pedro Luiz Luppi. **Caracterização petrográfica das zonas de alteração hidrotermal associadas aos pegmatitos da mina Bom Futuro, Rondônia**. 2012. 80 F. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro - São Paulo, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística | v4.3.8.5. 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/ariquemes/panorama>>. Acesso em: 10 de setembro de 2020.

JANKOVSKI, Tadeu. **Estudo de alguns aspectos da regeneração natural induzida em povoamentos de pinus taeda l. E pinus elliottii engelm**. 1996. 175 f. Tese (Doutorado) –

Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias. Curitiba – PR, 1996.

JUNIOR, Geraldo Ribeiro Zuba; SAMPAIO, Regynaldo Arruda; PEREIRA, Cleber da Mota; PRATES, Fabiano Barbosa de Souza; FERNANDES, Luiz Arnaldo; ALVARENGA, Ivan Caldeira Almeida. Crescimento do jatobá e de leguminosas arbóreas em diferentes espaçamentos, em área degradada. **Revista Caatinga**, Mossoró - RN, v. 23, n. 4, p. 7, dez. 2010.

JUNIOR, T.F; MOREIRA, E.B; HEINECK, K.S. Barragens de contenção de rejeitos de mineração no Brasil. **HOLOS**, Natal - RN, v. 05, p. 39, 2018.

KOBIYAMA, Masato; MINELLA, Jean Paolo Gomes; FABRIS, Ricardo. **Áreas degradadas e sua recuperação**. v. 22, n. 210, p. 10-17. Belo Horizonte: Informe Agropecuário, 2001. Disponível em: <<http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/recupera%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 06 de abril de 2021.

LIMA, Paulo César Fernandes. **Áreas degradadas: métodos de recuperação no semi-árido brasileiro**. XXVII Reunião Nordestina de Botânica, 23.,2004, Petrolina - PE. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br/public_eletronica/downloads/OPB406.pdf>. Acesso em 28 de abril de 2021.

LOPES, Tassiane Leite. **Técnicas utilizadas na recuperação ambiental de áreas degradadas pela mineração de calcário no município de Caçapava do Sul- RS**. 2016. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Federal do Pampa. Caçapava do Sul - RS, 2016.

LOZANO, Fernando Arturo Erazo. **Seleção de Locais para Barragens usando o Método de Análise Hierárquica**. 2006. 156 f. Dissertação (Mestre em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo – SP, 2006.

MACHADO, William Gladstone de Freitas. **Monitoramento de barragens de contenção de rejeitos da mineração**. 2007. 156 f. Dissertação (Mestrado) – Escola politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo. São Paulo – SP, 2007.

MARANGON, Luis Carlos; SOARES, João Juarez; FELICIANO, Ana Lícia Patriota; BRANDÃO, Carlos Frederico Lins e Silva. **Regeneração natural em um fragmento de floresta estacional semidecidual em viçosa, Minas Gerais**. Rev. Árvore, Viçosa-MG, v.32, n.1, p.183-191, 2008.

MARCUZZO, Suzane Bevilacqua; GANADE, Gislene; ARAÚJO, Maristela Machado; MUNIZ, Marlove Fátima Brião. **Comparação da eficácia de técnicas de nucleação para restauração de área degradada no sul do Brasil**. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 43, n. 1, p. 39 - 48, jan. /mar, 2013.

MARTINS, Sebastião Venâncio; SARTORI, Mário; FILHO, Frederico Lopes Raposo; SIMONELI, Marcelo; DADALTO, Gilmar; PEREIRA, Marcos Lima; SILVA, Antonio Elias da. **Potencial de regeneração natural de florestas nativas das diferentes regiões do estado**

do Espírito Santo. CEDRAGO – Centro de Desenvolvimento do Agronegócio. Vitória – ES, 2014.

MÁRTIRES, Raimundo Augusto Corrêa. **Informe Mineral Regional Norte- Amazônia 2008/2007**. Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/informe-mineral/publicacoes-regionais/informe-mineral-da-amazonia-2008>>. Acesso em: 02 de junho de 2021.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. **Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. Estudos Avançados**, [S. l.], v. 24, n. 68, p. 209-220, 2010. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10475>. Acesso em: 08 jun. 2021.

MEIRELES, Regina de Oliveira. **Uso sustentável de recursos naturais em regiões tropicais**. 2016. 52 f. Dissertação (Mestrado em uso sustentável de recursos naturais em regiões tropicais). Instituto tecnológico vale desenvolvimento sustentável (ITV), Belém - Pará, 2016.

MILANEZ, Bruno. **Mineração, ambiente e sociedade: impactos complexos e simplificação da legislação**. Boletim regional, urbano e ambiental | 16 | S.L. jan. - jun. 2017. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/7936>>. Acesso em: 02 de abril de 2021.

MINELLA, Giane Maria; BUNDCHEN, Márcia. **Técnicas de nucleação aplicadas na recuperação de áreas degradadas**. Piratuba - SC, 2016. Disponível em: <<http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2016/09/Giane-Maria-Minella.pdf>>. Acesso em 07 de abril de 2021.

NETO, José Chaves. **Apostila de Meio Ambiente. Curso Técnico Em Mineração**. Escola Estadual de Educação Profissional – EEEP. Ensino Médio Integrado à Educação Profissional. Governo do Estado de Ceará. Secretaria de Educação. 2013. Disponível em: <https://www.seduc.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2012/06/mineracao_meio_ambiente_e_mineracao.pdf>. Acesso em: 22 de junho de 2021.

NOGUEIRA, Eduardo Hansen. **Caracterização Mineralógica da Província Estanífera de Rondônia**. 2016. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro – SP, 2016.

OLIVEIRA, Ana Paula Almeida de; LUZ, Adão Benvindo da. **Recursos Hídricos e Tratamento de Águas na Mineração**. CETEM – Centro de Tecnologia Mineral. Rio de Janeiro – RJ, 2001.

OLIVEIRA, Felipe Ferreira; SANTOS, Ramon Eduardo Salles dos; ARAUJO, Rodrigo da Cruz de. Processos erosivos: **Dinâmica, agentes causadores de fatores condicionantes**. Revista brasileira de iniciação científica, Itapetininga - SP, v.5, n.3, p. 24, jun. 2018.

PAZ, Adriano Rolim da. **Hidrologia Aplicada**. Graduação em Engenharia e Bioprocessos e Biotecnologia. Data completa 2004. 138 p. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. Disponível em: http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UERGS.pdf. Acesso em: 05 jun. 2021.

PINTO, Nathalia Priori. **Avaliação dos impactos ambientais e medidas mitigadoras de empreendimentos de mineração a céu aberto no Brasil**. 2018. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Gestão Ambiental). Instituto Três Rios da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Três Rios – RJ, 2018.

PORTELLA, Márcio Oliveira. Efeitos colaterais da mineração no meio ambiente, Brasília - DF: **Revista brasileira de políticas públicas**, v. 5, n. 3, dez. 2015. ISSN 2293-1677.

PULINO, Alexandre Masocatto. **Índices de estimativa de custos de fechamento de pilhas de estéril e barragens de rejeitos**. 2010. 136 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) - Escola de Engenharia Ambiental da UFMG. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte - MG, 2010.

RAMOS, Carlos Romano. **Estanho na Amazônia: o apogeu e o caso da produção**. Novos Cadernos NAEA. v. 6, n. 2, p. 39-60, dez. 2003, ISSN 1516-6481, Ouro Preto - MG, 2003.

ROCHA, Rauny de Souza; MONTEIRO, Víctor Freitas. **Efeito de espécies leguminosas e de condições de solo na recuperação de área degradada após mineração de seixo**. 2019. 63 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal). Universidade Federal Rural da Amazônia. Capitão Poço – PA, 2019.

SÁ; Marcos Aurélio Carolino de; JUNIOR, João de Deus Gomes dos Santos. **Compactação do Solo: Consequências para o crescimento vegetal**. – Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 26 p.— (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; 136).

SALMAN, Ana Karina Dias; LÓPEZ, Giovana Fiorela Zamora; BENTES-GAMA, Michelliny de Matos; ANDRADE, Carlos Maurício Soares de. **Espécies arbóreas nativas da Amazônia Ocidental Brasileira com potencial para arborização de pastagens**. Porto Velho-RO: 20 p. – (Documentos / Embrapa Rondônia, ISSN 0103-9865; 127), 2008. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/709707/1/doc127arborizacaodepastagens.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2021.

SAMPAIO, João Alves; LUZ, Adão Benvindo da; ANDRADE, Mônica Calixto de; FRANÇA, Silvia Cristina Alves. **Água no Processamento Mineral**. Centro de Tecnologia Mineral. Ministério da Ciência e Tecnologia. Rio de Janeiro – RJ, 2010.

SANTOS, Jorge Antônio Gonzaga. **Recuperação e reabilitação de áreas degradadas pela mineração**. Cruz das Almas, BA: UFRB, 2017. 44p.; il. Disponível em: <https://repositorio.ifs.edu.br/biblioteca/handle/123456789/1311>. Acesso em: 12 jun. 2021.

SANTOS, Jackson da Hora. **Análise do Teor de Estanho e Mineraiis mais Presentes na Cassiterita**. 2018. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química). Faculdade de Educação e Meio Ambiente. Ariquemes – RO, 2018.

SÃO PAULO (ESTADO). **RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA: Sistemas de Nucleação**, 2010. Reimpressão da 1.ed. – São Paulo: SMA, 2011. 63 p.: il. Disponível em: <https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/Nucleacao.pdf>. Acesso em 16 jun. 2021.

SILVA, Ceel Daniel da. **Avaliação do método de correção do efeito de matriz por coeficientes de influência empíricos em WDXRF para analisar terras raras em rejeitos de Cassiterita**. 2018. 47 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica Ambiental) - Universidade Federal do Amazonas. Manaus - AM, 2018.

SILVA, Helder José Farias da. **Análise dos Efeitos do Desmatamento na Evapotranspiração e na Microfísica das Nuvens Utilizando Dados de Sensoriamento Remoto para Amazônia**. 2019. 99 f. Tese (Doutorado em Ciências Climáticas). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Natal – RN, 2019.

SILVA, Mariana Lima da; ANDRADE, Márcia Cristiane Kravetz. **Os impactos ambientais da atividade mineradora**. Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade – v.11 n.6. Universidade Federal do Mato Grosso. Cuiabá – MT, 2017.

SOBRINHO, Antonio Rafael de Vasconcelos Galvão. **Metodologia para Implantação de um Sistema de Disposição de Rejeitos em Minério de Ferro na Região do Semiárido: Estudo de Caso**. 2014. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária. Natal – RN, 2014.

SOUZA, Letícia Marrone de; COSTA, Mônica de Campo. **Análise do método de nucleação na recuperação de matas ciliares**. 2010. 35 f. Trabalho De Conclusão De Curso (Bacharelado em Ciências biológicas). Universidade Sagrado Coração. Bauru – SP, 2010.

TATSCH, Giovana Lucas. **Recuperação De Uma Área Degradada Através Do Método De Nucleação – Santa Margarida Do Sul, RS**. 2011. 40 f. Relatório de Estágio. Universidade Federal do Pampa. São Gabriel – RS, 2011.

TEIXEIRA, Marcílio Baltazar. **Estudo numérico do comportamento de pilhas de estéril de mineração**. 2011. 128 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral. Ouro Preto – SP, 2011.

STEIN, Ronei Tiago; MACHADO, Vanessa de Souza; FLORIANO, Cleber; MIRANDA, Thais. **Recuperação de áreas degradadas**. Porto Alegre, RS: SAGAH, 2017. 338 p.. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595021372/>. Acesso em: 28 Apr 2021.

TORRES, Edson. **Química Ambiental**. Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIasselvi. Indaial, SC: Uniasselvi, 2014. 207 p.. Disponível em: <<https://www.uniasselvi.com.br/extranet/layout/request/trilha/materiais/livro/livro.php?codigo=16572>>. Acesso em 28 de abril de 2021.

YADA, Marcela Midori *et al.* **Atributos Químicos e Bioquímicos em Solos Degradados por Mineração de Estanho e em Fase de Recuperação em Ecossistema Amazônico**. Rev. Bras. Ciênc. Solo, vol.39, n°3, Viçosa. São Paulo – SP, 2015.

ANEXOS

Figura 20 – Área de estudo no ano de 1975



Fonte: Google Earth Pro (2021).

Figura 21 – Área de estudo em 1985



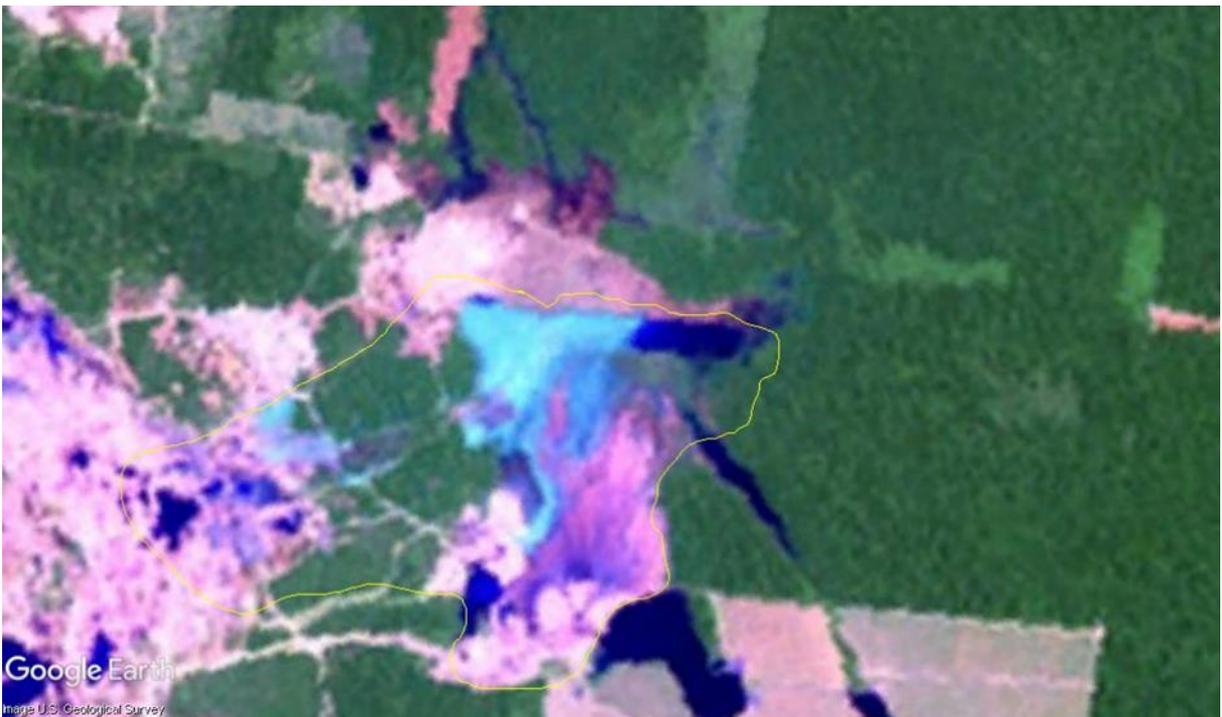
Fonte: Google Earth Pro (2021).

Figura 22 – Área de estudo no ano de 1989



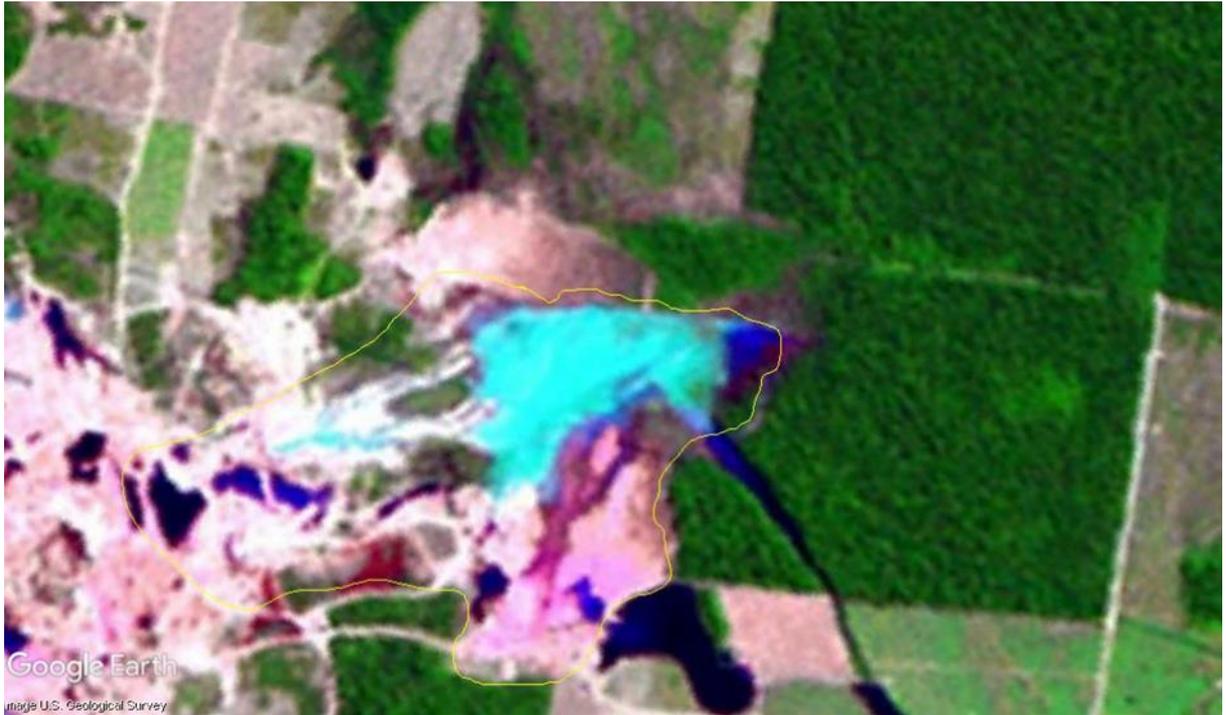
Fonte: Google Earth Pro (2021).

Figura 23 – Área de estudo no ano de 2001



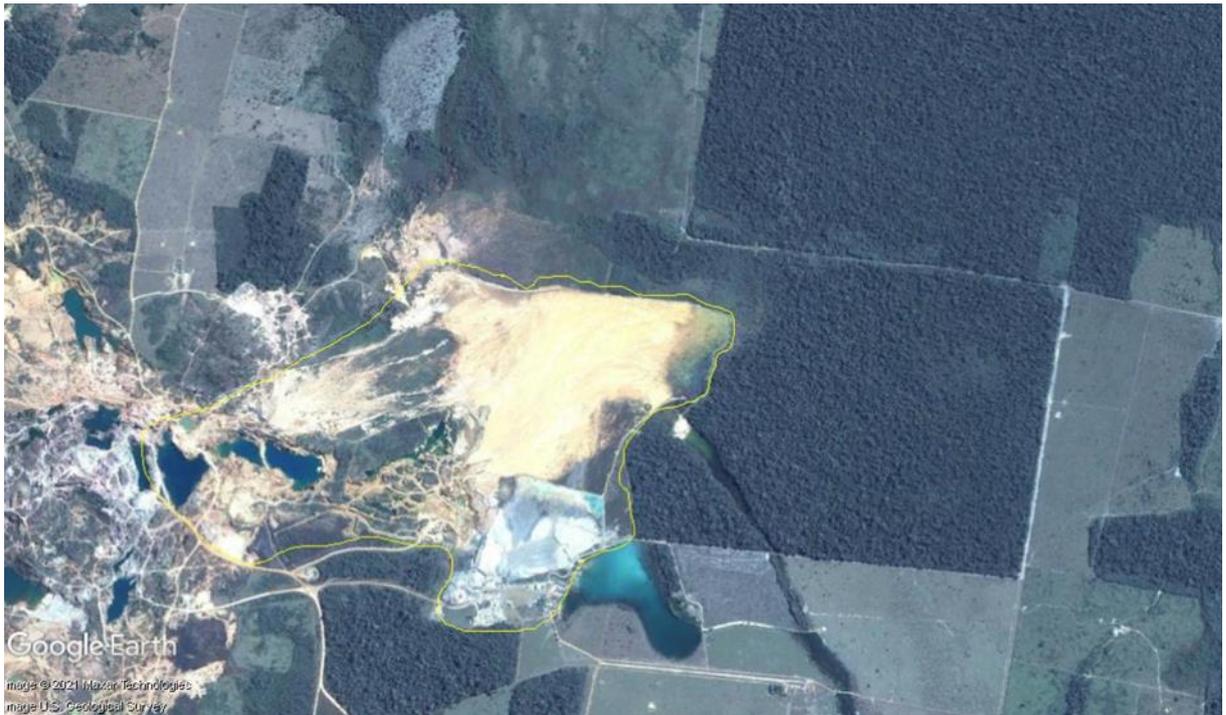
Fonte: Google Earth Pro (2021).

Figura 24 – Área de estudo no ano de 2008



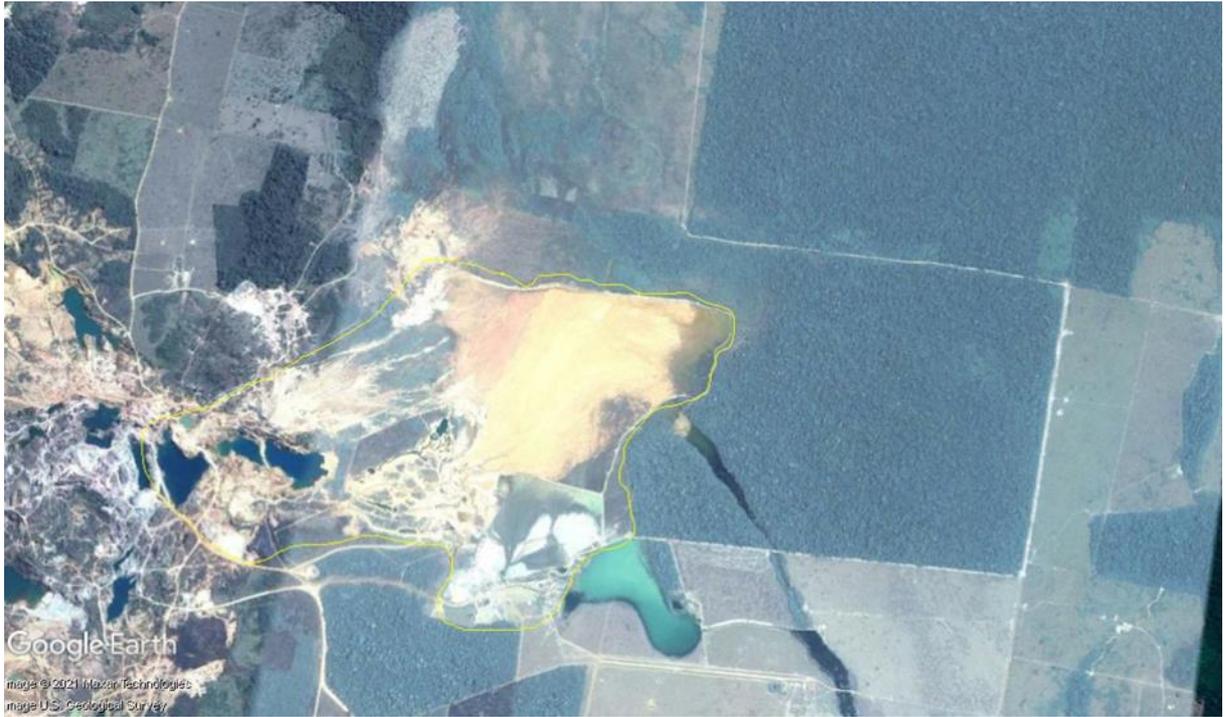
Fonte: Google Earth Pro (2021).

Figura 25 – Área de estudo no ano de 2010



Fonte: Google Earth Pro (2021).

Figura 26 – Área de estudo no ano de 2016



Fonte: Google Earth Pro (2021).

Figura 27 – Área de estudo no ano de 2017



Fonte: Google Earth Pro (2021).

Figura 28 – Área de estudo no ano de 2018



Fonte: Google Earth Pro (2021).

Figura 29 – Área de estudo no ano de 2020



Fonte: Google Earth Pro (2021).



RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE PLÁGIO

DISCENTE: Geovana Rodrigues Lopes

CURSO: Engenharia Ambiental e Sanitária

DATA DE ANÁLISE: 25.08.2021

RESULTADO DA ANÁLISE

Estatísticas

Suspeitas na Internet: **6,16%**

Percentual do texto com expressões localizadas na internet 

Suspeitas confirmadas: **4,27%**

Confirmada existência dos trechos suspeitos nos endereços encontrados 

Texto analisado: **94,18%**

Percentual do texto efetivamente analisado (frases curtas, caracteres especiais, texto quebrado não são analisados).

Sucesso da análise: **100%**

Percentual das pesquisas com sucesso, indica a qualidade da análise, quanto maior, melhor.

Analisado por Plagius - Detector de Plágio 2.7.1
quarta-feira, 25 de agosto de 2021 12:14

PARECER FINAL

Declaro para devidos fins, que o trabalho da discente **GEOVANA RODRIGUES LOPES**, n. de matrícula **26825**, do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, foi **APROVADO** na verificação de plágio, com porcentagem conferida em 6,16%, devendo a aluna fazer as correções necessárias.

(assinado eletronicamente)
HERTA MARIA DE AÇUCENA DO N. SOEIRO
Bibliotecária CRB 1114/11
Biblioteca Júlio Bordignon
Faculdade de Educação e Meio Ambiente