



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ – UFOPA  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE JURUTI - CJUR  
BACHARELADO ENGENHARIA DE MINA**

**ROBERT PEREIRA DA SILVA**

**“ PLANO DE FECHAMENTO DE MINA: ESTUDO DE CASO DE USOS  
FUTUROS DE MINAS SUBTERRÂNEAS”**

**UFOPA  
JURUTI  
2023**

**ROBERT PEREIRA DA SILVA**

**“ PLANO DE FECHAMENTO DE MINA: ESTUDO DE CASO DE USOS  
FUTUROS DE MINAS SUBTERRÂNEAS”**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Minas, no Campus Universitário de Juruti, na Universidade Federal do Oeste do Pará.

Orientador: Prof. Msc. Matheus Diniz Pinto de Morais

**UFOPA  
JURUTI  
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) da UFOPA  
Catalogação de Publicação na Fonte. UFOPA - Biblioteca Campus Juruti**

Silva, Robert Pereira da.  
Plano de fechamento de mina: estudo de caso de usos futuros de  
minas subterrâneas / Robert Pereira da Silva. - Juruti, 2023.  
60f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Universidade Federal do  
Oeste do Pará-UFOPA. Campus Universitário de Juruti, Curso de  
Bacharelado em Engenharia de Minas.  
Orientador: Matheus Diniz Pinto de Moraes.

1. Mineração subterrânea. 2. Mina - Fechamento. 3. Uso Futuro.  
I. Moraes, Matheus Diniz Pinto de. II. Título.

UFOPA Campus Juruti

CDD 551.10981 23.ed.

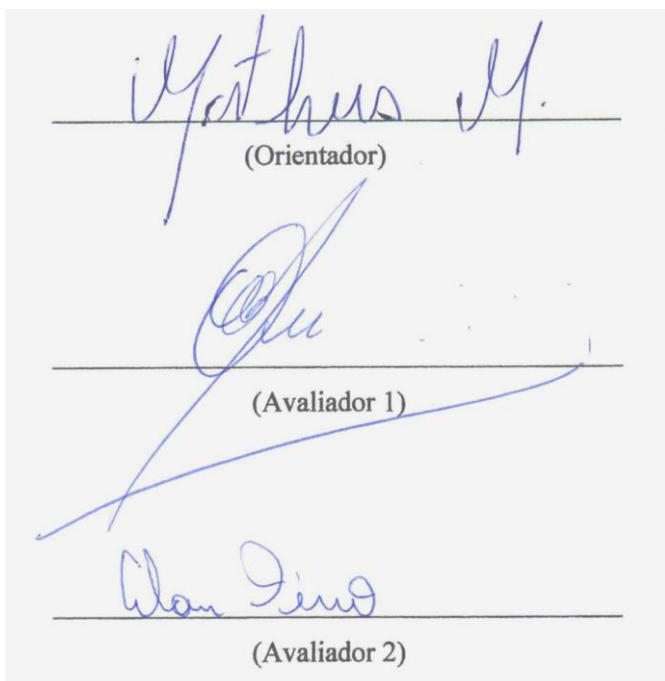
**ROBERT PEREIRA DA SILVA**

**“ PLANO DE FECHAMENTO DE MINA: ESTUDO DE CASO DE USOS  
FUTUROS DE MINAS SUBTERRÂNEAS”**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Minas, no Campus Universitário de Juruti, na Universidade Federal do Oeste do Pará.

Nota: 9,3

Data de Aprovação: 06 de novembro de 2023



*ilgathus M.*  
\_\_\_\_\_  
(Orientador)

*[Signature]*  
\_\_\_\_\_  
(Avaliador 1)

*Alan Lima*  
\_\_\_\_\_  
(Avaliador 2)

Dedico este trabalho a Deus, à minha amada família, amigos, professores e a todos que contribuíram direta e indiretamente para que eu atingisse esse tão sonhado objetivo que muito me dediquei.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço a Deus que me deu forças, paciência, discernimento e saúde durante todos esses longos anos na Universidade e até hoje, na elaboração deste trabalho, mesmo após uma complicada pandemia, não me abandonou e não me deixou por sequer uma vez pensar em desistir deste sonho.

Em nome de minha Mãe Maria Edileuza e de meu Pai Roberto agradeço a toda minha família por todo o suporte primordial nesta trajetória.

Ao meu Orientador Professor Matheus Diniz por me direcionar no desenvolvimento deste trabalho, sua parceira foi fundamental.

A todos os professores, técnicos e colaboradores da UFOPA Campus Juruti a qual deram todos os suportes necessários para a minha graduação.

Aos meus colegas que chegaram até aqui, mesmo em momentos difíceis não deixaram de sonhar junto comigo e em breve estaremos desfrutando por conseguirmos concluir mais esta etapa de nossas vidas.

Gratidão!

A imaginação é mais importante que o conhecimento, porque o conhecimento é limitado, ao passo que a imaginação abrange o mundo inteiro.

(Albert Einstein)

## RESUMO

O presente trabalho estudou os casos de minas subterrâneas com fechamento diverso e com uso futuro produtivo, com o intuito de descobrir diferentes métodos utilizados para dar vida à novos usos das minas após a exaustão do minério. O trabalho tem como objetivo demonstrar que é possível, após as etapas de vida útil de um empreendimento, condicionar e adequar a área para reutilização de acordo com o que solicita a Resolução ANM n° 68 de 2021, que estabelece sobre o Plano de Fechamento de Mina no Brasil. Os dados utilizados no estudo foram coletados em materiais científicos diversos que abordam a respeito do assunto em questão. A constante busca pela mineração de forma ambientalmente correta e sustentável cresce a cada ano e o assunto em estudo gerou sempre um certo incomodo pelos órgãos ambientais e fiscalizadores por ser uma área da mineração que era pouco tratada e negligenciada, mas isso vem mudando e a mineração busca se adequar e se condicionar com as práticas corretas e éticas.

**Palavras-chaves:** Mineração subterrânea; fechamento de mina; uso futuro; meio ambiente;

## **ABSTRACT**

The present work studied the cases of underground mines with different closures and with future productive use, with the aim of discovering different methods used to give life to new uses of the mines after the ore is exhausted. The work aims to demonstrate that it is possible, after the useful life stages of a project, to condition and adapt the area for reuse in accordance with what requests ANM Resolution No. 68 of 2021, which establishes the Closing Plan of Mine in Brazil. The data used in the study were collected from various scientific materials that address the subject in question. The constant search for mining in an environmentally correct and sustainable way grows every year and the subject under study has always generated a certain amount of discomfort among environmental and supervisory bodies as it is an area of mining that was little treated and neglected, but this has been changing and mining seeks to adapt and adapt to correct and ethical practices.

**Keywords:** Underground mining; mine closure; future use; environment;

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 - Ilustração de uma mina subterrânea. ....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 2 - Mina a Céu Aberto Salobo da Vale em Parauapebas – PA. ....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 3 - Esquema dos Órgãos e suas respectivas áreas de licenciamento. ....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 4 - Fases de um empreendimento com paralisação. ....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 5 - Etapas da vida uma mina com todas as fases. ....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 6 - Fases de um empreendimento mineiro e suas obrigações para o PFM. ....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 7 - Mina do Verdinho, galeria com equipamentos abandonados. ....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 8 - Estruturas provisórias abandonadas na Mina do Verdinho. ....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 9 - Mina antiga de ouro em Ouro Preto-MG. ....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 10 - Centro de tratamento de saúde interior da mina Wieliczka. ....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 11 - Presença de sal no interior da mina. ....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 12 - Espaço eventos no interior da mina. ....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 13 - Entrada da galeria de artes. ....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 14 - Projeções de artes nas galerias de antiga pedreira subterrânea na França. ....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 15 - Lago subterrâneo na Mina da Passagem. ....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 16 - Turistas no interior da Mina da Passagem. ....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 17 - Antiga mina reutilizada como cofres. ....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 18 - Interior da antiga mina utilizada como cofre de segurança. ....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 19 - Interior da mina Soudan que abriga o laboratório físico em Minnesota - EUA. ....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 20 - Detector MINOS. ....</b>	<b>53</b>

## LISTA DE TABELA

**Tabela 1** - Alternativas de reutilização de minas subterrâneas. \_\_\_\_\_ 40

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANM – Agencia Nacional de Mineração

CFEM – Compensação Financeira Pela Exploração dos Recursos Minerais

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CM – Código de Mineração

DOU – Diário Oficial da União

DNPM – Departamento Nacional de Mineração

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

FATMA – Fundação Estadual do Meio Ambiente

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração

LI – Licença de Instalação

LO – Licença de Operação

LO – Licença Prévia

NRM – Normas Regulamentadoras da Mineração

PFM – Plano de Fechamento de Mina

PRAD – Plano de Recuperação de Área Degradada

RAL – Relatório Anual de Lavra

RIMA – Relatório do Impacto Ambiental

UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>1.1 JUSTIFICATIVA</b>	<b>15</b>
<b>1.2 OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
1.2.1 OBJETIVO GERAL	16
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>16</b>
<b>2.1 VISÃO GERAL DA MINERAÇÃO SUBTERRÂNEA</b>	<b>16</b>
<b>2.2 ETAPAS DA VIDA DE UM EMPREENDIMENTO MINEIRO</b>	<b>20</b>
2.2.1 ETAPA DE PRÉ-VIABILIDADE E VIABILIDADE	20
2.2.2 ETAPA DE LICENCIAMENTO	21
2.2.3 ETAPAS DE COMISSONAMENTO/IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO.	24
2.2.4 ETAPA DE PRÉ-FECHAMENTO	24
<b>2.2 FECHAMENTO DE MINA</b>	<b>26</b>
<b>2.3 PLANEJAMENTO E ETAPAS DO PFM</b>	<b>28</b>
<b>2.4 PRINCIPAIS RAZÕES QUE LEVAM AO FECHAMENTO DE MINA</b>	<b>29</b>
<b>2.5 HISTÓRICO DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA PARA A MINERAÇÃO</b>	<b>31</b>
2.5.1 RESOLUÇÃO ANM Nº 68 DE 30 DE ABRIL DE 2021	35
<b>2.6 ABANDONO DE MINA E ALTERNATIVAS PARA USO FUTUROS DE MINAS SUBTERRÂNEAS</b>	<b>37</b>
2.6.1 MINA DO VERDINHO - SC	37
2.6.2 MINA ABANDONADA DESCOBERTA EM OURO PRETO - MG	39
2.6.3 ALTERNATIVAS DE USOS FUTUROS PARA MINAS SUBTERRÂNEAS	40
<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>42</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO (MINAS COM PFM E SEUS USOS)</b>	<b>42</b>
<b>4.1 MINA SUBTERRÂNEA DE SAL COM REUTILIZAÇÃO DIVERSA EM WIELICZKA – POLÔNIA</b>	<b>42</b>
<b>4.2 ANTIGA PEDREIRA SUBTERRÂNEA UTILIZADA PARA EXPOSIÇÃO DE ARTES</b>	<b>45</b>
<b>4.3 MINA SUBTERRÂNEA DE OURO UTILIZADA COMO PARQUE DE VISITAÇÃO EM MARIANA – MG</b>	<b>47</b>
<b>4.4 ANTIGA MINA DE FERRO UTILIZADA PARA CULTIVO DE COGUMELO E COFRES SUBTERRÂNEOS.</b>	<b>49</b>
<b>4.5 MINA COM REUSO PARA VISITAS GUIADAS E LABORATÓRIO SUBTERRÂNEO DE FÍSICA.</b>	<b>51</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.</b>	<b>55</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Durante a vida útil de um empreendimento minerário temos várias fases, tais como: Processos de Autorizações, Pesquisa (prospecção e exploração), Estudos de Viabilidade, Implantação do Projeto, Operação (Produção), Descomissionamento, Exaustão e finalmente o Fechamento da Mina, esse caminho é tomado pelos projetos que conseguem seguir o planejamento sem interrupções, diferentemente como ocorre nos casos em que há fechamento prematuro do empreendimento.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo explicar especificamente sobre o fechamento de minas subterrâneas, mais precisamente sobre o que é feito e/ou o que pode ser feito para que se possa utilizar de maneira produtiva o local após a exaustão ou paralisação prematura de um empreendimento mineiro subterrâneo.

De acordo com Sánchez *et al* (2013) o fechamento da mina se dá no momento em que a produção se encerra, marcado pelo fim de todas as atividades de desativação de um empreendimento minerário. Nesse caso, a desativação ou descomissionamento é o período que antecede o término da produção, em que há a retirada das instalações desnecessárias e inicia-se o processo de implantação de meios que garantam a estabilidade da área e a segurança, bem como a recuperação ambiental e o início de programas sociais para os locais livres. Enquanto que o pós-fechamento é entendido quando se tem a completa desativação, onde as atividades de monitoramento, manutenção e programas sociais são executadas para que os objetivos de fechamento sejam finalmente efetuados.

Sánchez *et al* (2013) ainda diz que para os guias internacionais de mineração o correto é que o plano de fechamento deve começar juntamente com a fase do Estudo de Viabilidade da mina, dessa maneira é possível considerar paralelamente o desenvolvimento do projeto e o seu pós-fechamento, garantindo relevância para esta etapa.

A questão relacionada ao fechamento de mina é um assunto relativamente novo. O tema só tomou notoriedade a partir dos anos 80, até então os Códigos de Mineração e demais legislação correlata tinham como objetos de maior relevância o aproveitamento dos recursos minerais e alguns direitos e deveres das mineradoras, sem qualquer enfoque no Plano de Fechamento de Mina (PFM) (Camelo, 2006).

A resolução mais atualizada da ANM sobre o Fechamento de Mina é a Resolução de número 68, de 04 de maio de 2021 que dispõe sobre as regras referentes ao PFM e revoga as Normas Reguladoras da Mineração nº 20.4 e nº 20.5 do DNPM de 2001.

De acordo com essa resolução:

Plano de Fechamento de Mina - PFM: conjunto de procedimentos para o descomissionamento da área da mina após a atividade de mineração, envolvendo a desmobilização das estruturas provisórias de suporte às operações de lavra e

beneficiamento, a estabilização física e química das estruturas permanentes e seus monitoramentos, bem como a habilitação da área para um novo aproveitamento mineral ou outro uso futuro; (BRASIL, 2021).

Essas leis e resoluções nasceram graças às pressões da sociedade e órgãos ambientais que durante muito tempo viram um cenário de total abandono de minas sem um fechamento adequado. Figueiredo (2022) aborda que o fato de se abandonar uma mina ou não fechar adequadamente pode acarretar em passivos ambientais, o entorno do empreendimento tem impactos socioeconômicos pois fazem parte do nicho produtivo, os habitantes passam a conviver com queda na renda, falta de emprego, problemas ambientais podendo ser: rompimento de barragem, desestabilidade de solo e taludes que causam erosões e deslizamentos, áreas não reabilitadas e recuperadas, entre outros problemas de ordem social e ambiental.

Visto isso, com o aparato tecnológico disponível, nos empreendimentos mineiros atuais torna-se crucial um Plano de Fechamento de Mina minucioso e bem elaborado, construído desde as fases iniciais dos projetos, com constantes avaliações e atualizações se necessário. Dando ênfase não só na abertura e operação de uma mina, mas em como e em que momento o projeto será fechado e as medidas de recuperação/reabilitação sejam tomadas para permitir que a área seja produtiva e sem danos severos após o encerramento minerário.

## **1.1 JUSTIFICATIVA**

Durante muito tempo, o cenário no que diz respeito ao fechamento de mina, até por conta do pouco desenvolvimento de leis e normas, essa etapa da mineração encontrou-se negligenciada, tanto é que a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) no ano de 2016 constatou e cadastrou no estado de Minas Gerais entre os anos de 2014 a 2015 um total de 400 minas paralisados e/ou abandonadas, e esse número não era o total de minas em tal situação no estado. Tomando isso como base, o total de minas nessa situação sem o devido cuidado, provavelmente, é muito grande por todo o Brasil.

A principal problemática quando o assunto é fechamento de mina está relacionado com o abandono de mina, empreendimentos sem qualquer medida de controle e recuperação de áreas degradadas. Dito isso, com todas as leis, normas, pressões de órgãos ambientais bem como das comunidades afetadas pelas atividades de mineração, não há mais espaço para o fechamento inadequado das minas, o que se pode hoje é desenvolver, com as tecnologias disponíveis, projetos que proporcione o uso produtivo das áreas recuperadas, seja pela sociedade, pelos órgãos públicos ou privados.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GERAL**

Este trabalho tem como objetivo, revisar cinco casos acerca das minas subterrâneas após o seu fechamento, avaliando os casos que tiveram êxitos e possuem uso produtivo após o fechamento.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Compreender sobre minas subterrâneas, legislação mineral e fechamento de mina.
- Verificar os casos de abandono de mina e seus principais impactos.
- Analisar empreendimentos com fechamento de mina adequado e seus respectivos usos futuros.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 VISÃO GERAL DA MINERAÇÃO SUBTERRÂNEA**

Os métodos de lavra subterrânea estão entre as maneiras utilizadas para a exploração dos bens minerais pelo homem. A classe de métodos mais comum e difundido durante a história da mineração é a Lavra a Céu Aberto, mas quando esse método não traz viabilidade econômica, em decorrência da disposição em grande profundidade da jazida ou condições geológicas adversas, torna-se necessário a aplicação de mina subterrânea, visando o melhor aproveitamento possível do bem mineral (ANDRADE, 2019).

A exaustão dos recursos minerais próximo a superfície e as restrições ambientais cada vez mais intensas nas minas que planejam utilizar o método de lavra a céu aberto, pelo fato de se precisar alterar profundamente a área de mineração, levam as empresas a cada ano enfrentarem dificuldades para a exploração de minério, dando cada vez mais espaço para os métodos subterrâneos. Em contrapartida, as lavras subterrâneas apresentam dificuldades por depender de um alto investimento de capital devido a sua complexidade e também pela falta de experiência de profissionais capacitados por não ser uma metodologia tão comum no Brasil (NEME *et al*, 2011).

De acordo com Heider (2017) o Relatório Anual de Lavra (RAL) de 2015 relatou um total de 76 minas subterrâneas no Brasil, sendo destacadas 28 em Minas Gerais, 9 na Bahia, 9 em Santa Catarina e 4 em Goiás. Evidenciam-se nesses empreendimentos a extração de ouro com 22 minas, gemas/quartzo com 21 e carvão mineral com 10 minas.

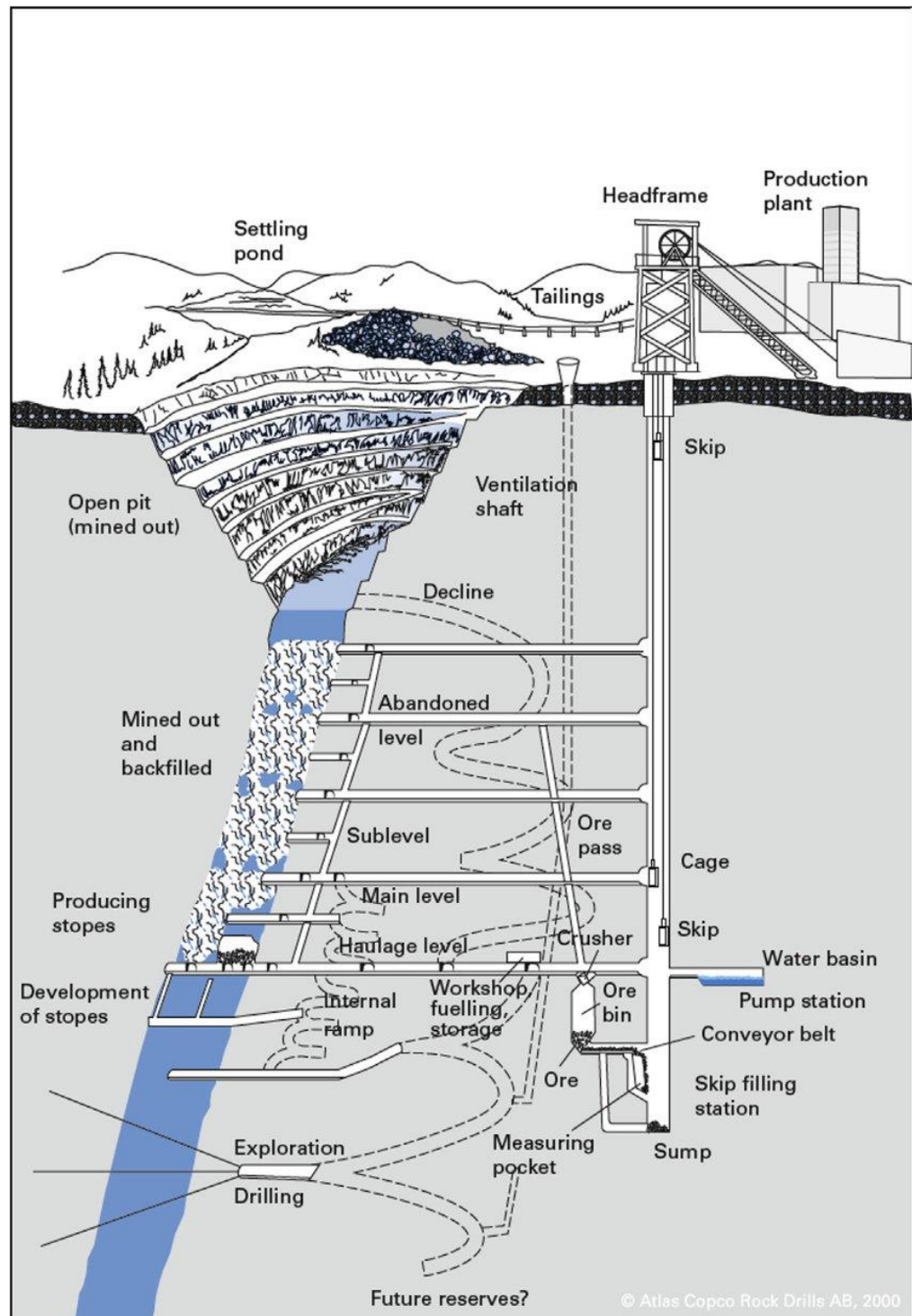
A mineração subterrânea é desenvolvida seguindo um sequenciamento de operações unitárias, onde são feitos desmonte de rocha, abertura e estabilização de galerias, transporte do material minerado para a superfície e finalmente beneficiamento e venda do produto. De acordo com a formação geológica do local é possível a aplicação de três grupos métodos: aberturas auto suportadas, aberturas com suportes artificiais e métodos abatidos (CURI, 2017).

Os principais tipos de lavras de modo subterrâneo são:

- Abatimento imediato: O abatimento é realizado juntamente com a extração do minério;
- Abatimento posterior: A extração do minério ocorre sem enchimento posterior e o abatimento ocorre algum tempo após a extração do minério;
- Alargamento mantido aberto com pilares: Pilares são deixados para a manutenção da estabilidade enquanto o minério é extraído: colapso e abatimento da superfície podem ocorrer no futuro;
- Enchimento do alargamento: Os alargamentos deixados pela extração do minério são cheios com materiais, os quais podem ser cimentados. Estas técnicas reduzem a o potencial de perturbação na superfície (OLIVEIRA JÚNIOR, 2006).

Nas figuras 1 e 2 a seguir, podemos ver a diferença de estrutura entre uma mina desenvolvida de forma subterrânea e outra com operação a céu aberto.

**Figura 1** - Ilustração de uma mina subterrânea.



Fonte: Atlas Copco, 2007.

A figura 1 ilustra a complexidade de uma mina desenvolvida de forma subterrânea, esse tipo de método é utilizado normalmente para substâncias preciosas como ouro e diamante, os quais viabilizam o negócio por conta de seu alto valor econômico.

**Figura 2** - Mina a Céu Aberto Salobo da Vale em Parauapebas – PA.



Fonte – Próprio autor.

Na figura 2 nota-se o desenvolvimento da mina de cobre e ouro da Salobo, o método utilizado nesse empreendimento é em bancadas por conta da jazida mineral está mais próximo da superfície, viabilizando esse método.

Os dois métodos de lavra inevitavelmente acarretam em danos ambientais e as vazias sociais. O dano ambiental causado pelo método a céu aberto é de maior relevância pelo fato de se precisar movimentar o solo superficial para que se possa atingir os corpos de minério, alterando assim a paisagem do terreno. A lavra subterrânea traz algumas consequências, mas por ser no subsolo se tornam menos visíveis e são menos severas que os de céu aberto, isso não quer dizer que deve ser menos planejada. Contudo é importante relevar a importância da mineração por ser a responsável por prover matéria prima para quase todos os setores industriais, e que grande parte das empresas de grande porte fazem uma mineração segura e em equilíbrio com o meio ambiente.

Como mencionado acima, a mineração traz consigo uma série de atividades complexas que podem ocasionar em problemas durante a vida da mina, com isso o PFM deve ter cada vez mais importância para que os empreendimentos tenham planejamento quanto a mitigação dos danos, recuperação de áreas e a reutilização produtiva das mesmas.

## **2.2 ETAPAS DA VIDA DE UM EMPREENDIMENTO MINEIRO**

### **2.2.1 Etapa de Pré-Viabilidade e Viabilidade**

Após a etapa de pesquisa, que inclui prospecção, exploração e outros estudos geológicos que constatem a presença de substâncias minerais úteis em determinado local, há em seguida etapas que visam confirmar ou descartar a área no que diz respeito ao aproveitamento mineral, se o corpo de minério será lucrativo e permitirá uma lavra sem muitos problemas, essas etapas são conhecidas como estudos de pré-viabilidade e viabilidade, detalhadas a seguir.

O primeiro estudo econômico de um depósito após a sua confirmação, é o de pré-viabilidade, uma ferramenta crucial para o processo de construção do projeto de mineração. É feito antes que qualquer grande investimento seja feito, pelo fato da mineração ser uma área que para a sua iniciação um grande capital deve ser disposto, mas nem um empreendedor deseja fazer um investimento sem ter uma certeza de que o negócio será lucrativo. Nesse caso, o estudo de pré-viabilidade utiliza-se de análises geoestatísticas, conhecimento da engenharia de minas como pesquisa mineral, processos de lavra e beneficiamento, tudo isso com o objetivo de se diminuir as incertezas quanto as condições do corpo mineral ser viável e a tecnologia disponível será capaz de processar o minério. Essa etapa tem um nível médio de confiabilidade (LOURES, 2018).

A etapa de pré-viabilidade pode ser resumida como os estudos e planejamentos conceituais, focado no diagnóstico socioambiental, identificando assim os possíveis riscos ao meio ambiente e conseqüentemente ao negócio.

A etapa de viabilidade consiste no estudo de três importantes variáveis para avaliar se um empreendimento será viável ou não, são eles: Avaliação Técnica, Avaliação Ambiental e Avaliação Econômica. No que diz respeito aos aspectos técnicos, são avaliadas as práticas para a retirada do mineral, com uso de tecnologia disponível e adequada para a operação com o objetivo de se ter os melhores resultados possíveis. Na avaliação ambiental busca-se primeiramente o licenciamento nos órgãos competentes, bem como a aprovação por parte de comunidades vizinhas ao empreendimento, dessa forma desenvolver as atividades mineiras com o mínimo de degradação possível e planejar ações para mitigá-las integralmente. Enquanto que a avaliação econômica é o estudo para que se possa obter a maior rentabilidade possível, já que o empreendimento precisa ser lucrativo, dessa forma o conhecimento da jazida (teores e forma) é um fator importante por ser necessariamente dela que os lucros provem, logicamente quando se tem uma adequada operação de mina. O estudo do mercado também é fundamental nessa etapa, pois o minério precisa ser vendido, seja para o mercado nacional ou internacional (TAVEIRA, 2003).

Por ser um estudo mais técnico e detalhado, o estudo de viabilidade tem um percentual maior de confiabilidade, dito como alto nível de confiança, se este estudo for bem

elaborado o empreendedor entrará com o investimento e iniciará o processo de licenciamento de instalação e operação.

### 2.2.2 Etapa de Licenciamento

Para desenvolver atividades que utilizam os recursos naturais e inevitavelmente causarão danos ambientais, como nos casos em tela, é necessário a permissão prévia por meio de Licença e Licenciamento Ambiental nos órgãos competentes, com o objetivo de fazer com que as empresas busquem evitar danos graves e mitiga-los, em todos os níveis, após a realização das atividades (ALBUQUERQUE, 2020).

Albuquerque (2020) traz ainda uma distinção entre Licenciamento Ambiental e Mineral. O primeira trata-se de um procedimento administrativo ao qual qualquer atividade que utilizar do meio ambiente deve-se proceder para se conseguir a licença no órgão competente, nesse caso encontram-se as Licenças Prévias, de Instalação e de Operação; enquanto que o Licenciamento Mineral é para que a empresa consiga a liberação através da ANM para aproveitar as substancias do solo ou subsolo por meio de lavra. Nesse caso o Licenciamento Ambiental é um pré-requisito para a ANM autorizar o Licenciamento Mineral.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997, é o documento que dispõe sobre os procedimento e critérios para que um empreendimento consiga o Licenciamento Ambiental. A seguir será abordado os pontos importantes dessa resolução para que se possa conhecer o procedimento de Licenciamento Ambiental.

O art. 1º da Resolução CONAMA nº 237 de 1997 traz algumas definições importantes, são elas:

**I – Licenciamento Ambiental:** procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

**II – Licença Ambiental:** ato administrativo pelo qual o órgão ambiental competente, estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades utilizadoras dos recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental.

**III - Estudos Ambientais:** são todos e quaisquer estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma

atividade ou empreendimento, apresentado como subsídio para a análise da licença requerida, tais como: relatório ambiental, plano e projeto de controle ambiental, relatório ambiental preliminar, diagnóstico ambiental, plano de manejo, plano de recuperação de área degradada e análise preliminar de risco.

**IV – Impacto Ambiental Regional:** é todo e qualquer impacto ambiental que afete diretamente (área de influência direta do projeto), no todo ou em parte, o território de dois ou mais Estados (BRASIL, 1997).

O art. 8º da Resolução traz as 3 licenças expedidas pelo Poder Público para as empresas que buscam iniciar, instalar e operar um empreendimento que são:

**I – Licença Prévia (LP):** Como o próprio nome sugere, é a licença concedida antes de iniciar a fase de planejamento e/ou atividade do empreendimento, nessa licença o poder público aprova a localização e a atividade que será desenvolvida no local, aprovando a viabilidade ambiental e já coloca condições a serem tomados pela empresa nas próximas fases de implementação no que diz respeito ao meio ambiente.

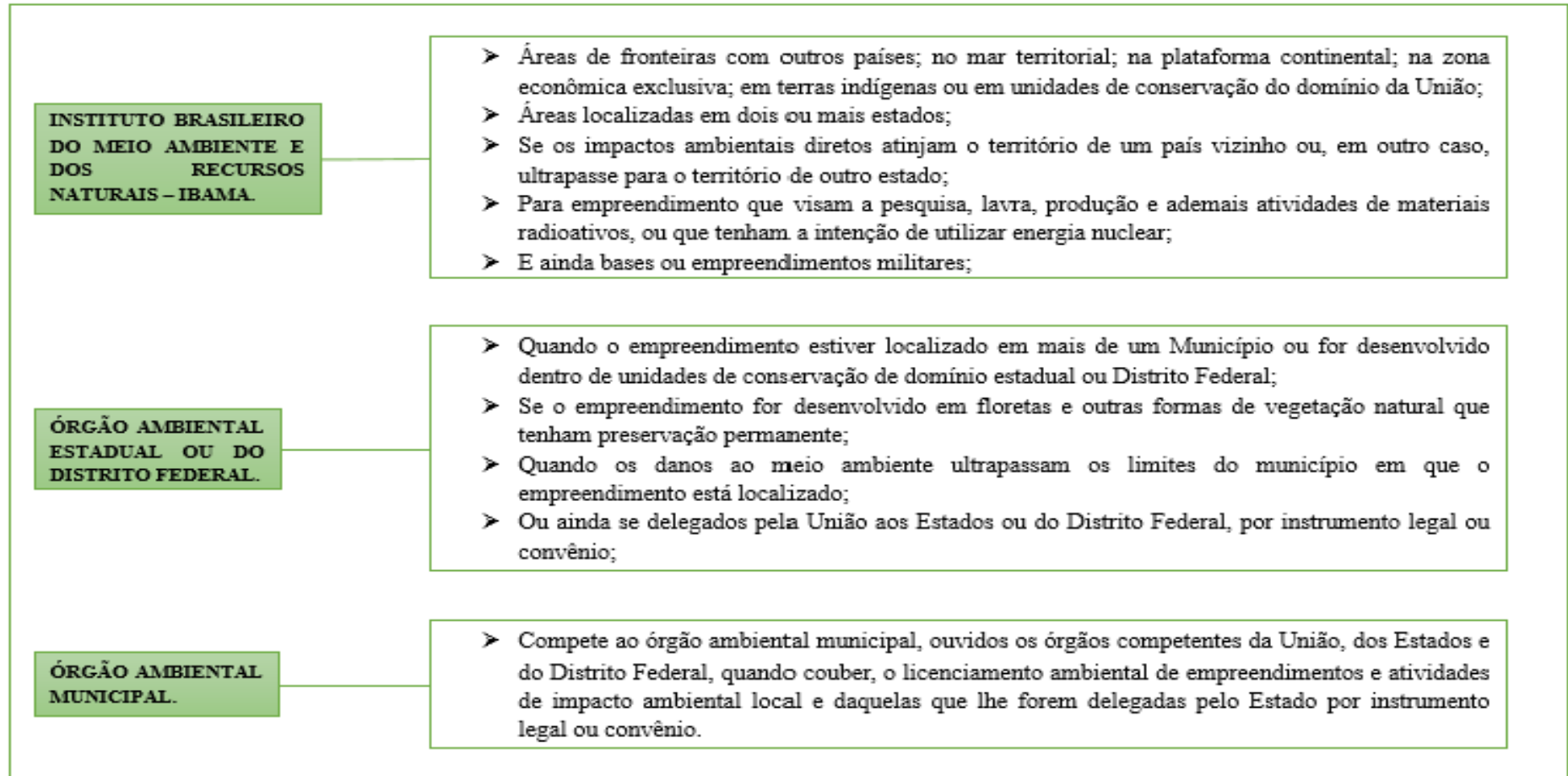
**II – Licença de Instalação (LI):** Após conseguir a LP, a empresa deve entrar com pedido à LI para que tenha autorização de instalar os equipamentos que serão utilizados na realização da atividade de acordo com o planejamento, além disso deve iniciar as medidas de controle ambiental e outros condicionantes condizentes com os planos dispostos na licença LP.

**III – Licença de Operação (LO):** Após ser concedido a LP e a LI, a última licença para que o empreendimento enfim comece suas operações é a LO, onde após o cumprimento de todas as exigências é enfim autorizado o início das atividades.

De acordo com a Resolução essas licenças podem ser expedidas isoladamente ou sucessivamente, a depender de alguns pontos como: natureza, características e fase do empreendimento.

A resolução define ainda os órgãos competentes responsáveis por expedir o Licenciamento de acordo com a localização das áreas, demonstrado no esquema 1 a seguir:

Figura 3 - Esquema dos Órgãos e suas respectivas áreas de licenciamento.



Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA 237, Brasil, 1997.

### 2.2.3 Etapas de Comissionamento/Implantação e Operação.

Após as etapas iniciais, principalmente as de caráter geológicos e econômicos, onde foi constatado a viabilidade do empreendimento, inicia-se a fase que visa aproveitar a jazida mineral. Para isso é necessária uma etapa de desenvolvimento de mina, que englobam todas as fases de comissionamento ou implantação do projeto mineral para poder se iniciar as operações unitárias. Nesta fase são construídas novas vias de acessos, preparação das estruturas remanescentes (barragens, local para pilhas de estéril ou minério), instalação das estruturas provisórias (usina, prédios administrativos, estruturas hidráulicas e elétricas e etc.) e quando se trata de mina subterrânea especificamente, há aberturas das galerias e sua estabilização, sistema para ventilação e outras estruturas inerentes a esse método de lavra (CARVALHO, 2013).

Envolvendo a etapa de implantação um estudo muito relevante e crucial antes de se iniciar as operações é a de dimensionamento de frota, pode-se considerar esta etapa como parte do estudo de viabilidade, mas ela é mais familiarizada com a etapa de operação, serão analisadas nessa fase a aquisição das máquinas que serão necessárias para as etapas de carregamento e transporte, no caso de uma mina subterrânea, este estudo terá como resposta o uso de equipamentos contínuos (como os mineradores contínuos) ou o uso de maquinário convencional adaptado para a lavra subterrânea de acordo com o minério e sua disposição. Esse estudo se faz necessário pelo fato da mineração a cada ano busca a maior produtividade com o menor custo possível, no caso do estudo de dimensionamento de frota, o ganho na produtividade é visto quando se tem a rotação ideal da frota, buscando sempre diminuir as filas e tempo de espera, e a constante alimentação de material para a usina de processamento (MOREIRA, 2018).

Após as etapas de pesquisa, estudos de viabilidade e preparação da mina, finalmente o empreendimento entra em operação. A mina precisa para isso conseguir junto à ANM o título minerário para operar e explotar o minério. Para o Sanchez *et al* (2013) a fase de operação é a etapa de produção, onde todas as operações unitárias funcionam com o objetivo de obter o mineral de interesse. Em conjunto com essa etapa pode haver também expansões da mina, mudança em algum processo, atividades de pesquisa mineral em áreas circunvizinhas e a gestão do projeto.

### 2.2.4 Etapa de Pré-Fechamento

Flores e Lima (2013) afirmam que o fechamento de uma mina não é um processo simples e estático, porque além de não se resumir apenas as áreas de lavra, englobando todas as regiões circunvizinhas a ela e ao decorrer do tempo podem haver mudanças no PFM inicial. Com isso uma etapa de pré-fechamento se faz necessário. Um empreendimento comprometido com o planejamento do PFM adota ações preventivas durante toda a vida da mina, com isso evita problemas graves quando chega perto da exaustão do minério. Dessa forma a etapa de pré-fechamento abrange a desativação de áreas em que não há mais minério, fazendo ações de

descomissionamento, manutenção e monitoramento destas áreas, permitindo a reabilitação e adequando-as ao retorno das atividades que eram ali desenvolvidas antes do empreendimento mineral.

Dito isso, o pré-fechamento servirá como um apoio para o fechamento definitivo, onde as medidas planejadas serão integralmente tomadas, as áreas onde iniciaram o processo de reabilitação no pré-fechamento receberão apenas ações de monitoramento e manutenção quando necessário.

As figuras 4 e 5 a seguir ilustram as fases da vida útil de um empreendimento mineral.

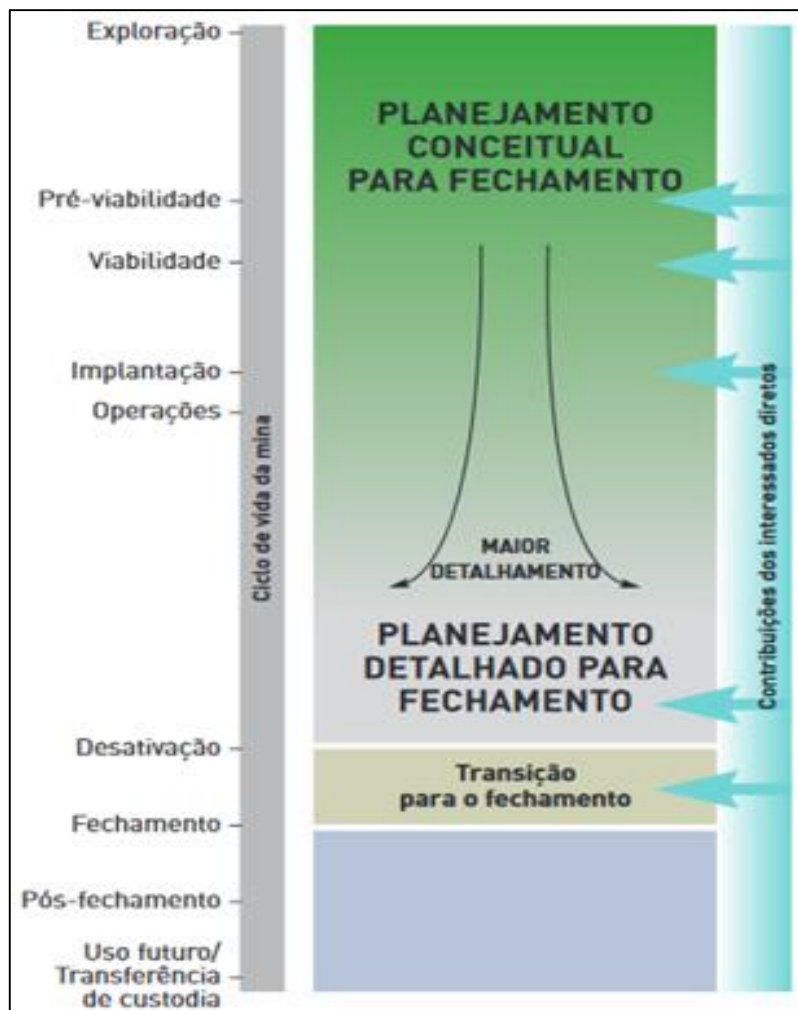
**Figura 4** - Fases de um empreendimento com paralisação.



Fonte: IBRAM, 2013.

Na figura 4 nota-se 2 outras possibilidades que podem ocorrer em uma mina, a primeira é a suspensão temporária em que o empreendimento passa por algum tipo de dificuldade com as operações e pode retornar suas operações caso consiga contornar os problemas, se isso não for possível, o empreendimento tem um fechamento prematuro e inicia a fase de desativação e fechamento.

**Figura 5** - Etapas da vida uma mina com todas as fases.



Fonte: ICMM, 2008 apud Dias, 2013.

Na figura 5 tem-se as etapas seguidas por empreendimentos que conseguem atingir todas as fases previstas, sem percalços que forcem o fechamento prematuro. Vale ressaltar que as etapas não são feitas uma única vez, com o empreendimento fazendo as mesmas fases por mais de uma vez durante a vida útil do empreendimento mineiro, isso acontece pelo fato de não se conhecer totalmente a jazida de um determinado local, exigindo que o empreendedor continue pesquisando, estudando a viabilidade de novos depósitos, licenciando para instalar e operar em novos locais e etc.

## 2.2 FECHAMENTO DE MINA

De acordo com Sánchez (2013) o fechamento da mina se dá no momento em que a produção se encerra, marcado pelo fim de todas as atividades de desativação de um empreendimento minerário. Nesse caso, a **desativação** ou descomissionamento é o período que antecede o término da produção, em que há a retirada das instalações desnecessárias e inicia-se o processo de implantação de meios que garantam a estabilidade da área e a segurança, bem

como a recuperação ambiental e o início de programas sociais para os locais livres. Enquanto que o pós-fechamento é entendido quando se tem a completa desativação, onde as atividades de monitoramento, manutenção e programas sociais são executadas para que os objetivos de fechamento sejam finalmente efetuados.

Sánchez (2013) ainda diz que para os guias internacionais de mineração o correto é que o plano de fechamento deve começar juntamente com a fase do Estudo de Viabilidade da mina, dessa maneira é possível considerar paralelamente o desenvolvimento do projeto e o seu fechamento, dando tal relevância para esta etapa.

O fechamento de mina de forma técnica e ética é um desafio mesmo com as normas vigentes, pois mesmo com a riqueza e o crescimento econômico resultantes da extração mineral, os impactos ambientais e socioeconômicos gerados são profundos já que a mineração se utiliza de métodos que conseqüentemente precisam movimentar grandes volumes de rochas bem como a remoção da vegetação, e a própria retirada da empresa após a exaustão do bem mineral é inevitável e também trazem problemas pós fechamento (FIGUEIREDO, 2022).

É responsabilidade da empresa, que tem os direitos legalmente autorizados de lavra, fazer a recuperação e reabilitação das áreas afetadas, caso essas ações não sejam realizados os mesmos poderão responder a sanções panais e administrativas, sem que o minerador deixe de ter a obrigação de fazer o fechamento adequado da mina (DIAS *et al*, 2016).

A questão relacionada ao fechamento de mina é um assunto relativamente novo. O tema só tomou notoriedade a partir dos anos 80, até então os Códigos de Mineração e demais legislação correlata tinham como objetos de maior relevância o aproveitamento dos recursos minerais e os direitos e deveres das mineradoras, sem qualquer enfoque no PFM (CAMELO, 2006).

Pinto (2021) aborda que a literatura nacional carece de trabalhos específicos que sirvam de suporte para as empresas no quesito fechamento de mina, o que tem de específico é um guia elaborado pelo Instituto Nacional de Mineração (IBRAM) que traz métodos e estudos voltados para o tema e ajudam a nortear os empreendimentos.

É importante salientar que para se efetuar um fechamento adequado da mina é necessário um aporte financeiro, visto que nesta etapa o empreendimento está em fase final e os ganhos com produção estão em decadência. Em países com legislações mais desenvolvidas no assunto, o governo exige uma espécie de caução para garantir que as atividades de fechamento e reabilitação serão realizadas, isso acontece por exemplo no estado de Quebec-Canadá (fundo denominado: Carta Irrevogável e Incondicional, Caução ou Fundo Fiduciário) e no Estado de Victoria-Austrália (denominado: Garantia Bancária Irrevogável ou Carta de Crédito) (MILLER, 2005 apud ALMEIDA, 2008).

No Brasil a legislação não exige que os empreendimentos tenham esse tipo de fundo para a execução do PFM, cabe a cada empresa o planejamento de seus futuros gastos para essa etapa.

Nas discussões são colocados não só o fechamento de mina como importante, mas o uso futuro da área de forma produtiva. Bitar (1997) apud Centeno (2017) coloca algumas opções de usos futuros das áreas habilitadas e recuperadas que são: habitação, recreação, lazer, preservação e conservação ambiental, uso industrial e etc.

## **2.3 PLANEJAMENTO E ETAPAS DO PFM**

Todo empreendimento mineiro inicia com uma certeza: o bem mineral é finito e a mina terá um fim. Tendo essa máxima em vista o planejamento do fechamento da mina deve iniciar juntamente com as fases iniciais. Oliveira Junior (2006) enfatiza isso e reitera que o plano de desativação do empreendimento deve ser tomado no início das operações, onde o documento começa a ser preparado buscando pontuar os objetivos do PFM, visando a recuperação e possíveis usos futuros do empreendimento bem como estabelecer uma base financeira que será necessário para essa etapa, esse planejamento inicial do PFM é conhecido como Planejamento Conceitual.

Nos estágios pós instalação e operação da mina, o PFM conceitual sofre alterações e é estruturado de uma forma mais desenvolvida e aperfeiçoada, com correções pertinentes nos objetivos e medidas que serão tomadas para mitigar os danos. O PFM é um documento que passa por avaliações e pode sofrer alterações periodicamente de acordo com as análises de desenvolvimento da mina e de acordo com o aporte financeiro necessário para a desativação. Pode acontecer de áreas com operações finalizadas comecem a receber ações de recuperações e reabilitações previstas no PFM (OLIVEIRA JÚNIOR, 2006).

Barbosa (2021) aborda que o fechamento de mina é uma etapa complexa, pois trata-se de uma ação que atinge além das áreas mineradas, as comunidades circunvizinhas, alterando o modo de vida e a economia. Sendo assim, o planejamento quando não é realizado desde o início e as análises no que diz respeito ao meio ambiente, a sociedade e a economia, forem feitas próximo à exaustão da mina, podem acarretar em problemas sérios, podendo haver até paralisação da lavra através de meios legais do governo, ou impedir, pela falta de tempo, o correto planejamento das medidas necessárias para recuperar as áreas degradadas e estruturas diversas do empreendimento.

No PFM deve conter medidas que contemplem desde a recuperação das áreas mineradas até o aproveitamento de forma econômica da área pós fechamento na região em que se localiza. Com isso, além de direcionar a área para um uso futuro adequado, é possível abranger toda a área de influência de modo sustentável, buscando envolver as comunidades no desenvolvimento do melhor PFM final possível. Quando se tem um adequado planejamento, seguindo os passos já mencionados, pode-se obter resultados que conseguirão satisfazer os acionistas da empresa, os governos, as comunidades locais e também as futuras gerações que ali se alojarão, evitando impactos severos, reduzindo passivos ambientais, e dando a melhor

recuperação das áreas degradadas, garantindo assim um balanço positivo para a região onde o empreendimento está localizado (PINTO, 2021).

Após pontuar a importância do planejamento, será abordado a seguir algumas etapas que podem ser tomadas a fim de se construir um PFM adequado de acordo a legislação vigente, essas etapas são de suma importância por nortear os empreendedores no quesito.

➤ **Descomissionamento ou Desativação:** Essa fase pode ser considerada a primeira no PFM, no que diz respeito as ações propriamente ditas, ela pode se iniciar antes mesmo do fim das operações da mina pelo fato de ser a etapa em que são retiradas as instalações do empreendimento, dessa forma as instalações provisórias (usina, instalações administrativas e etc.) podem ser retiradas se não forem mais utilizadas; Bem como as instalações remanescentes (estradas, pilhas de estéreis, galerias subterrâneas e etc.) podem receber os devidos planos de recuperação ou descaracterização, afim de se garantir segurança e estabilidade, para posterior implantação de recuperação ambiental e programas sociais (SÁNCHEZ *et al*, 2013).

➤ **Reabilitação e Recuperação:** Nessa etapa tem-se como objetivo recuperar e/ou reabilitar as áreas degradadas, tornando as mesmas propicias para posterior uso. Os focos principais são nos ambientes naturais tais como florestas, rios, lenções freáticos e etc. e também nas estruturas remanescentes tais como: galerias, cavas, pilhas e etc. (NERI, 2013).

➤ **Manutenção e Monitoramento:** Período que corresponde ao acompanhamento das medidas de reabilitação/recuperação, com o objetivo de garantir que os objetivos traçados no PFM serão concluídos. Caso houver qualquer ponto fora do planejado entra-se com um plano de manutenção afim de se garantir que ocorra em conformidade e se consiga promover os resultados desejados (CAMELO, 2006).

➤ **Pós Fechamento e Uso Futuro:** Após a efetiva exaustão da matéria prima e as etapas do PFM asseguradas, o último passo é garantir o uso sustentável do local após a retirada do empreendedor. Para Sánchez (2013) essa etapa deve possibilitar que o local seja utilizado de forma que esteja em harmonia com as aptidões e restrições da área, possibilitando uso benéfico e duradouro para a comunidade.

## 2.4 PRINCIPAIS RAZÕES QUE LEVAM AO FECHAMENTO DE MINA

Dias (2013) faz uma distinção entre as razões que levam ao fechamento de uma mina: a primeira se dá pelo fim da jazida do minério, onde há a exaustão do bem mineral pelo fato de ser finito e não renovável, e essa finalização dos recursos pode ser prevista, conhecida como a vida útil da mina.

E as outras razões são as que fogem desse escopo relacionado ao fim do minério, o que será abordado detalhadamente a seguir de acordo com (DIAS, 2013; FLORES E LIMA, 2012):

**1 – Fatores Físicos e de Segurança:** dentre os fatores físicos destacam-se as relacionadas a quantidades e qualidade do minério, isso porque pode haver um equívoco quanto aos cálculos da reserva, ou seja, quantidade e qualidade são superestimadas na fase de pesquisa por exemplo, quando na realidade a reserva tem teor e volume muito menor, ocasionando um prejuízo caso sejam lavradas pois não apresentarão o mesmo lucro previsto. Outro fator físico que pode ocasionar o fechamento ou paralisação da mina é a relação estéril/minério, porque se os blocos a serem lavrados apresentarem uma razão estéril/minério muito alto, precisará de um custo elevado na operação, sendo assim a exploração poderá ser inviável pelo fato de não conseguir cobrir os custos.

A segurança tornou-se um fator importante por se tratar de uma área bem visada pelas empresas e órgãos fiscalizadores, então quando as condições geotécnicas de um determinado local não são bem detalhados, pode ocasionar em problemas futuros como rompimento de taludes, desabamento de galerias, inundação causado por lenções freáticos e outros, em alguns casos há paralisação de curto ou longo prazo, mas pode sim acarretar em fechamento prematuro do empreendimento.

**2 – Fatores Ambientais:** dentre as razões que levam ao fechamento prematuro de minas os fatores relacionados ao meio ambiente foi a que mais cresceu nos últimos anos, Dias (2013) já previa esse crescente. Isso se deve a evolução da legislação para o setor mineral, ao debate mais acentuado no que diz respeito ao abandono de mina e também pela pressão das comunidades que moram ao redor dos empreendimentos que já tiveram algum incidente ambiental. Um exemplo para que ocorra o fechamento de mina por essa razão, é quando há um passivo ambiental com problemas graves em que as medidas, para contornar de forma satisfatória os impactos, são considerados economicamente alto, tornando inviável a continuação do projeto de mineração. Nesse caso os órgãos fiscalizadores não dão outra alternativa aos empreendedores que não seja o fechamento definitivo da mina.

**3 – Fatores Econômicos:** quanto a essa razão, os fatos que levam ao fechamento de mina, podem-se destacar: a queda no preço do minério no mercado local ou mundial; Aumento elevado nos custos dos processos de extração ou beneficiamento da matéria prima; A aparição de produtos concorrentes que, devido ao preço menor ou qualidade maior, levam a maior procura pelos consumidores de tal produto, diminuindo assim a venda do produto da mineração e conseqüente perda de lucros e possível paralisação do empreendimento;

É comum que as paralisações dos empreendimentos por conta do mercado sejam temporárias, pois mesmo que o preço do minério caia, é normal que os minerais voltem a ter maior procura culminando na elevação dos preços, o que torna relevante a reativação da produção. Mas isso não faz com que as empresas estudem a movimentação do mercado a fim de se alto sustentarem no período em que os lucros despencam.

**4 – Fatores Legais:** os recursos minerais e hidráulicos do subsolo são pertencentes à União, com isso para que a mineração ocorra é necessário a concessão de lavra por parte do governo, isso ocorre mediante a apresentação de documentos por parte do minerador em distintas fases. Mas pode ocorrer a perda dessa concessão e culminar no fechamento do empreendimento, isso pode acontecer devido aos seguintes fatos: quando a produção mineral deixar de ser interessante para o governo; se começar a prejudicar o bem público; E também se houver uma nova perspectiva na utilização da área que superem a exploração mineral.

## 2.5 HISTÓRICO DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA PARA A MINERAÇÃO

Até se chegar as leis e normas a níveis municipais, estaduais e federais, para fiscalizar e regular a mineração, um longo caminho foi percorrido ao longo de décadas. Dessa forma, a seguir será abordado os principais fatos que tiveram relevância no que diz respeito ao desenvolvimento da Legislação Mineral Brasileira, até que o PFM fosse evidenciado e colocado com a importância que se tem na atualidade.

O histórico da Legislação Mineral pode iniciar com a Constituição de 1891, onde o **Regime Dominial**, regime este que perdurou por mais de três séculos onde a Coroa Portuguesa era a detentora dos direitos das riquezas minerais do solo e de parte dos lucros pela sua extração, chegou ao fim dando lugar ao **Regime de Acesso**, neste regime os recursos minerais passaram a ser considerados como acessórios do solo, dessa forma deixaram de ser patrimônios do Estado e passaram a pertencer aos superficiários do solo, ou seja, os donos das propriedades detinham o direito das riquezas do subsolo (FLORES E LIMA, 2012).

Flores e Lima (2012) relevam o fato de que no ano de 1897, ainda durante a primeira república, que houveram as primeiras tentativas de criar um regime que regesse a mineração brasileira, onde João Pandiá Calógeras destacou-se na apresentação de vários projetos leis com o objetivo de se legalizar o setor mineral, sem obter sucesso. Mas a ideia plantada por João Pandiá Calógeras surtiu efeito e em 28 de dezembro de 1921 através do Decreto nº 15.211, foi regulamentada a Lei Simão Lopes que é considerada na prática o primeiro Código de Mineração a vigorar no Brasil, o decreto trouxe as seguintes considerações:

O Decreto 15.211 dispôs sobre a propriedade e a forma de exploração das minas, regulamentando o conceito de mina e suas partes integrantes; a descoberta e registro de minas; os trabalhos de pesquisa e operações de lavra, também em minas pertencentes à União, quando foi admitida a outorga destas a partículas, por meio de concessão de lavra a polícia administrativa e outras normas inovadoras.

Uma das maiores inovações da Lei Simão Lopes foi considerar a mina como propriedade distinta do solo, ao permitir a separação deste para fins de alienação,

arrendamento ou hipoteca, embora continuasse a manter o princípio constitucional da mina como propriedade acessória do solo (FLORES E LIMA, 2012, p. 163-164).

O Decreto nº 23.979, de 8 de março de 1934 que teve como ponto importante a reorganização de vários setores que eram até então ligadas ao Ministério da Agricultura, afim de criar ou realoca-los para bastas que melhor os gerissem. Dessa forma o Art. 3º trouxe a criação do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), responsável pelo setor de bem mineral e Serviços de Águas (Brasil, 1934).

Ainda no ano de 1934 chegou ao fim o **Sistema Fundiário ou Acesso**, entrando em vigor o **Sistema de Concessão**. Com essa mudança deu-se início a dualidade no que diz respeito ao direito da propriedade do solo e subsolo, onde o solo superficial era de propriedade dos donos das terras e o subsolo (onde encontram-se os bens minerais) passaram a ser propriedade da União, com isso qualquer pessoa poderia aproveitar o uso dos bens desde que conseguisse a concessão do governo (DIAS, 2013).

No dia 22 de julho de 1960 através da Lei nº 3.782, o então presidente Juscelino Kubitschek, decretou através do Art. 5º a criação do Ministério das Minas e Energia, responsável pela administração de todos os assuntos relacionados à produção mineral nacional e assuntos relacionados à energia do país, com o isso órgãos como o DNPM foram incorporados e geridos por esse ministério (BRASIL, 1960).

O Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 trouxe como novidade a criação do Código de Mineração – CM, o novo Código foi uma atualização do até então denominado Código de Minas, que era o decreto-lei nº 1.985 de 1940 que continham regras e normas que regiam a mineração. O CM trouxe uma nova estrutura pelo fato de que foi vista uma grande evolução da ciência e da tecnologia após a Segunda Guerra Mundial, o qual requereu aumento na utilização de substância mineral para abastecer a indústria, exigindo atualização das leis para permitir o aproveitamento das jazidas, bem como manter o País competitivo no cenário internacional. A União manteve-se como administradora dos recursos minerais, bem como a indústria, a distribuição, o comércio e o consumo dos produtos (BRASIL, 1967).

Dias (2013) enfatiza ainda que o CM de 1967, posteriormente atualizado com as Leis nº 6.403/76, nº 6.567/78, nº 8.901/94 e nº 9.314/96, estabeleceu cinco regimes para regulamentar o aproveitamento das substancias minerais, estes são: Regime de Concessão, dependia da portaria de concessão através do Ministro de Minas e Energia; Regime de Autorização, em que a expedição de alvará de autorização seria feito por meio do Diretor Geral do DNPM; Regime de Licenciamento, dependia da licença administrativa local à mina e do registro no DNPM; E o Regime de Permissão de Lavra Garimpeira, concedida pelo Diretor Geral do DNPM; Por fim o Regime de Monopolização, quando necessitava de um aparato especial ligada direta ou indiretamente ao Governo Federal.

A respeito do Fechamento de Mina, alguns autores como Camelo (2006) abordam que o tema só começou a ser debatido nos anos 80, até então não havia nada na constituição abordando sobre o tema. Mas a Constituição Federal de 1988 trouxe o que se pode considerar

o primeiro texto responsabilizando os empreendedores a tomar medidas após a exaustão da lavra. Isso está descrito no Capítulo VI, Art. 225, inciso 2º da referida Constituição, que obriga aqueles que exploram os recursos minerais a recuperarem as áreas degradadas pela mineração, as medidas deveriam ser tomadas de acordo com exigências técnicas do órgão público competente. (BRASIL, 1988).

No ano seguinte, seguindo com a evolução da legislação mineral, com o Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989 em seu artigo 1º, traz como pontos importantes para os empreendimentos mineiros, a obrigação da apresentação de documentos denominados Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório do Impacto Ambiental (RIMA), com o objetivo de evidenciar os danos causados pela atividade, e em seguida apresentar o Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD), para que as medidas de recuperação sejam detalhadas e planejadas e englobem todas as áreas da mina então descritas no EIA/RIMA (BRASIL, 1989).

Ainda em 1989, a Lei nº 7.990 de 28 de dezembro, instituiu uma compensação financeira, por parte das empresas, para os Estados, o Distrito Federal e os Municípios pela exploração de bens como petróleo ou gás natural, recursos hídricos para geração de energia elétrica, recursos minerais nos respectivos territórios e etc. para a mineração a compensação é conhecida até os dias atuais como Compensação Financeira Pela Exploração dos Recursos Minerais (CFEM), e desde então uma porcentagem dos lucros é direcionado aos órgãos mencionados anteriormente, com a intenção de prover recursos a serem usados no desenvolvimento dos mesmos (BRASIL, 1989).

No ano de 2001 através da Portaria DNPM nº 237 de 18 de outubro de 2001 e publicada no dia seguinte no DOU (Diário Oficial da União), com o objetivo de regulamentar o Código de Mineração brasileiro, após considerações pertinentes e necessidades como Otimizar a Outorga de Títulos Minerários, a Fiscalização das Minas, o Aperfeiçoamento de Serviços Técnicos, a Minimização dos Impactos Ambientais, Melhoria das Condições de Saúde e Segurança e outras áreas de atuação do DNPM, a Portaria criou um conjunto de vinte e duas Normas Regulamentadoras de Mineração (NRM). As NRM abrangeram todas os aspectos relacionados com a atividade mineira com o objetivo de adotar um padrão e fazer com que os empreendimentos fossem autossustentáveis, descrevendo os passos a serem seguidos por exemplo para a Abertura de Lavra a Céu Aberto, Aberturas Subterrânea, Minas Especiais, Operação com Explosivo, Ventilação, Disposição de Estéril, Rejeito e Produtos e muito mais (DNPM, 2001).

O Fechamento de Mina, objeto de interesse desse trabalho, é detalhado na NRM-20, Norma denominada “Suspensão, Fechamento de Mina e Retomada das Operações Mineiras”. Especificamente no item 20.4 traz as exigências da época para o Fechamento de Mina pelo DNPM (2001), que eram:

- a) relatório dos trabalhos efetuados;
- b) caracterização das reservas remanescentes;

- c) plano de desmobilização das instalações e equipamentos que compõem a infraestrutura do empreendimento mineiro indicando o destino a ser dado aos mesmos;
- d) atualização de todos os levantamentos topográficos da mina;
- e) planta da mina na qual constem as áreas lavradas recuperadas, áreas impactadas recuperadas e por recuperar, áreas de disposição do solo orgânico, estéril, minérios e rejeitos, sistemas de disposição, vias de acesso e outras obras civis;
- f) programa de acompanhamento e monitoramento relativo a:
  - I- Sistemas de disposição e de contenção;
  - II- Taludes em geral;
  - III- comportamento do lençol freático;
  - IV- Drenagem das águas;
- g) plano de controle da poluição do solo, atmosfera e recursos hídricos, com caracterização de parâmetros controladores;
- h) plano de controle de lançamento de efluentes com caracterização de parâmetros controladores;
- i) medidas para impedir o acesso à mina de pessoas estranhas e interditar com barreiras os acessos às áreas perigosas;
- j) definição dos impactos ambientais nas áreas de influência do empreendimento levando em consideração os meios físico, biótico e antrópico;
- l) aptidão e intenção de uso futuro da área;
- m) conformação topográfica e paisagística levando em consideração aspectos sobre a estabilidade, controle de erosões e drenagens;
- n) relatório das condições de saúde ocupacional dos trabalhadores durante a vida útil do empreendimento mineiro;
- o) cronograma físico e financeiro das atividades propostas.

O DNPM tentou implementar em 2003 uma portaria com o objetivo de criar um Grupo de Trabalho capacitado para idealizar um Manual de Desativação de Empreendimentos Mineiros, mas a portaria não foi apresentada no prazo hábil e não entrou em vigor. Sem o sucesso na implementação deste manual e a precariedade de orientações adequadas de como proceder de maneira correta na desativação de uma mina, a NRM 20 foi e continuou a ser a primeira regulamentação sobre o Fechamento de Mina. Mas ela continha falhas e não dava garantias que o PFM seria executado, principalmente pelo fato de não estabelecer uma regra em que as empresas deveriam prever assegurar um aporte financeiro para a execução do fechamento da mina, em que englobassem os aspectos técnicos, econômicos, ambientais e sociais (Dias, 2013).

No ano de 2017 através da Lei nº 13.575 de 26 de dezembro de 2017 o DNPM chegou ao fim, após um pouco mais de 80 anos desde a sua criação em 1934, dando lugar a Agência Nacional de Mineração (ANM), que integra a Administração Pública Federal indireta está até então submetida ao regime autárquico especial e vinculada ao Ministério de Minas e

Energia. Tem como finalidade principal a de promover a gestão dos recursos minerais do País, a regular e fiscalizar a atividade mineira para o melhor aproveitamento dos recursos minerais (BRASIL, 2017).

### **2.5.1 Resolução ANM N° 68 de 30 de abril de 2021**

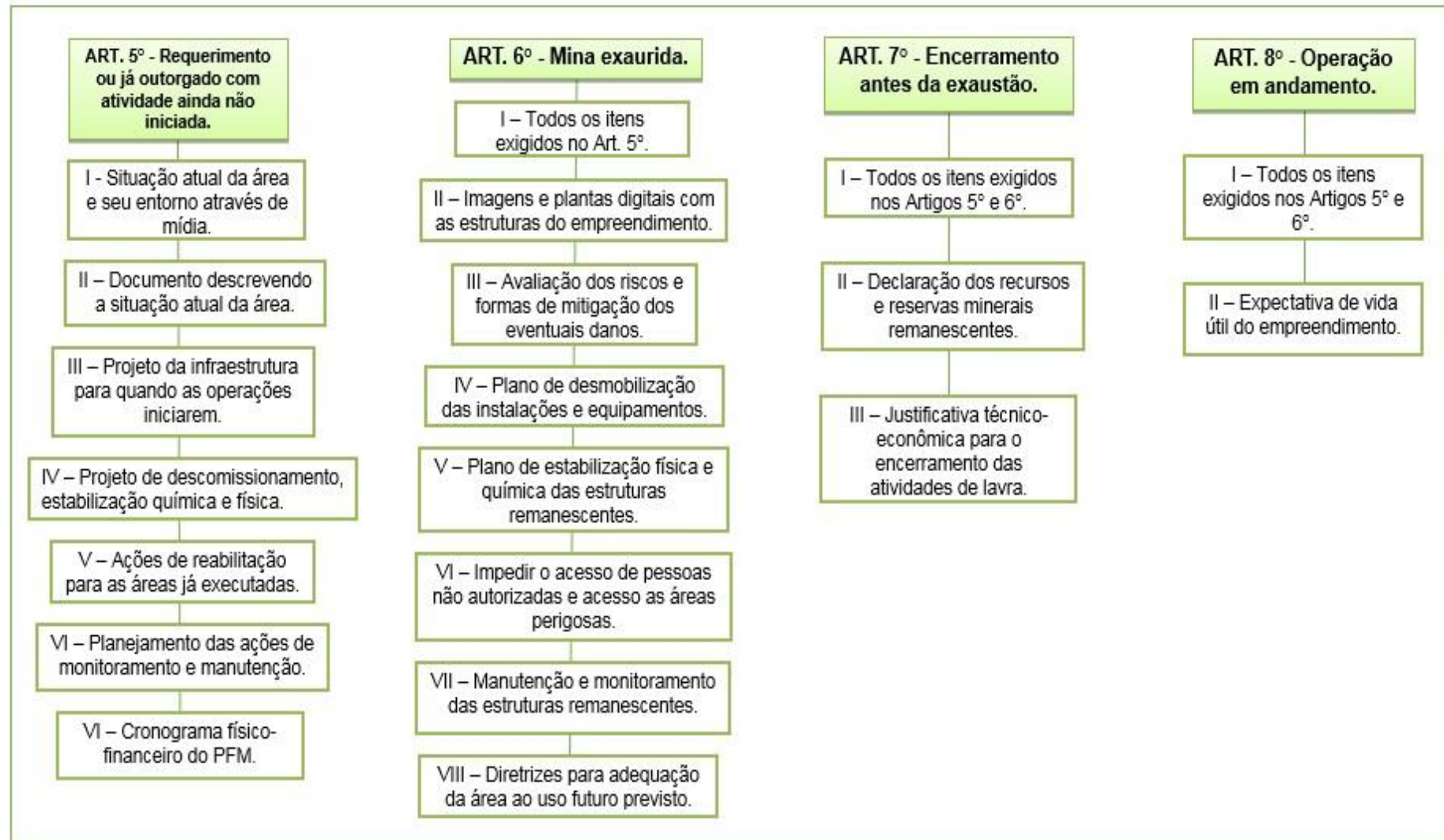
Finalmente em 30 de abril de 2021 através da Resolução ANM n° 68, após um longo período de debates e evolução da Legislação Mineral, o documento referente unicamente ao Plano de Fechamento de Mina foi disposto. As Normas Reguladoras da Mineração n° 20.4 e 20.5 de 2001, que tratavam sobre o PFM, foram revogadas e partes foram incorporadas à Resolução 68 (BRASIL, 2021).

As principais considerações para a implementação dessa importante Resolução foram:

- O caráter sustentável da atividade de mineração é incrementado por meio da adoção de medidas claras e transparentes que descrevam e regulamentem o Plano de Fechamento de Mina - PFM;
- A necessidade de definir, padronizar e regular os procedimentos e parâmetros técnicos a serem desenvolvidos quando da elaboração e efetivação do Plano de Fechamento de Mina - PFM;
- A necessidade de acompanhar e controlar as modificações e evoluções do PFM ao longo da vida útil da mina, bem como de estabelecer procedimentos para avaliação e efetivação de pedidos de renúncia de títulos de lavra em consonância com o fechamento e a desativação do empreendimento minerário e o uso futuro das áreas mineradas; (BRASIL, 2021).

A figura 6 a seguir detalha os elementos que devem compor o PFM de acordo com o estágio em que se encontra a Mina, exigido pelo Capítulo II da Resolução ANM n° 68 de 2021.

**Figura 6** - Fases de um empreendimento mineiro e suas obrigações para o PFM.



Fonte: Adaptado da Resolução ANM 68, Brasil, 2021.

## 2.6 ABANDONO DE MINA E ALTERNATIVAS PARA USO FUTUROS DE MINAS SUBTERRÂNEAS

### 2.6.1 Mina do Verdinho - SC

Para que um empreendimento chegue num estado de abandono dois caminhos são comumente tomados: o primeiro é quando o minério finda, ou seja, quando a substância mineral é totalmente retirada chegando à exaustão da mina e a segunda razão é quando o mineral de interesse perde o seu valor no mercado, por diversos motivos, e a produção do mesmo deixa de ser economicamente viável. Em ambos os casos nenhuma etapa do PFM é executada, ou quando é, não é de forma adequada (FIGUEIREDO, 2022).

A primeira razão foi o que aconteceu com a mina de carvão mineral denominada Mina do Verdinho localizada entre as cidades de Criciúma e Forquilha no estado de Santa Catarina. A mina pertencia a empresa Carbonífera Criciúma, que operou por lavra subterrânea durante 30 anos até a exaustão das reservas e então no ano de 2015 ela foi abandonada, sem nem haver o descomissionamento dos equipamentos tanto em subsolo quanto na superfície. Estruturas provisória e remanescentes como escritórios, oficina, usina de beneficiamento, áreas de disposição de rejeito, bacias de decantação e etc. foram totalmente abandonadas pela empresa (ZINGANO *et al.*, 2021).

Zingano *et al.* (2021) relata ainda que os trabalhadores da mina não tiveram os pagamentos de suas rescisões efetuadas, os fornecedores não tiveram seus credores sanados, as atividades como tratamento de efluente, manutenção das bacias de decantação e depósitos de estéril, monitoramento de água de superfície e subterrâneo que tinham como objetivo diminuir os danos ambientais que estavam em andamento foram paralisados. Alguns operadores continuaram a manter certas operações com a esperança de que as atividades retomassem ou até mesmo houvesse a retirada dos equipamentos para que pudessem receber algum valor pela venda dos mesmos, mas não foi o que aconteceu como mostra a reportagem a seguir:

O Ministério Público Federal moveu uma ação pelos danos ambientais causados pelo abandono de uma mina entre Criciúma e Forquilha, no Sul catarinense. Empresários, a Fundação Estadual do Meio Ambiente (Fatma), a Tractebel Energia, principal cliente da mina, além da prefeitura dos dois municípios, estão processados. Há um novo pedido para que a Justiça Federal aumente o valor das multas diárias e tente, então, por esse meio obrigar os réus a fazerem o que tem que ser feito (G1, 2016).

Por meio da justiça uma solução para o fechamento adequado da mina foi tomada e os responsáveis foram processados judicialmente. As figuras 7 e 8 a seguir, ilustram a situação da mina, com estruturas provisórias deixadas para trás após a desativação da mina.

**Figura 7** - Mina do Verdinho, galeria com equipamentos abandonados.



Fonte: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2016/07/empresarios-e-orgaos-publicos-sao-processados-por-abandono-de-mina.html>

**Figura 8** - Estruturas provisórias abandonadas na Mina do Verdinho.



Fonte: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2016/07/empresarios-e-orgaos-publicos-sao-processados-por-abandon>

## 2.6.2 Mina abandonada descoberta em Ouro Preto - MG

Outro caso de mina abandonada, esse até de forma inusitada, ocorreu no estado de Minas Gerais. De acordo com a reportagem de Machado (2023), após um elevado volume de chuva atingir a cidade de Ouro Preto uma mina subterrânea de ouro, datada do século 18, foi descoberta depois que parte de uma casa ser engolida pelo subsolo. Os proprietários nem imaginavam que habitavam sobre uma mina antiga e foram surpreendidos pelo fato.

Ainda de acordo com a matéria, a Defesa Civil e o especialista em estudos de minas a céu aberto e subterrânea Hernani Mota, professor do Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) estiveram no local para analisar a situação e depois fazer uma avaliação mais detalhada da mina. O professor é responsável pelo mapeamento e catalogação de minas antigas, faz esse trabalho desde o ano de 1994 com o objetivo de preservar a memória e os vestígios do período colonial da mineração na região. O catálogo de minas antigas conta com mais de 170 minas mapeadas, alguns desses empreendimentos antigos viraram pontos turísticos e as demais cumprem outro objetivo do mapeamento que é o de impedir que a população seja afetada por possíveis colapsos das estruturas que impactam as estruturas urbanas, como foi o caso mencionado anteriormente. A figura 9, abaixo, traz a subsidência pela antiga mina de ouro.

**Figura 9** - Mina antiga de ouro em Ouro Preto-MG.



Fonte: [https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2023/01/12/interna\\_gerais,1444043/mina-de-ouro-e-descoberta-apos-parte-de-uma-casa-desabar-em-ouro-preto.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2023/01/12/interna_gerais,1444043/mina-de-ouro-e-descoberta-apos-parte-de-uma-casa-desabar-em-ouro-preto.shtml)

### 2.6.3 Alternativas de usos futuros para minas subterrâneas

Quando uma mina subterrânea chega ao fim de suas operações, o que resta são grandes aberturas que foram lavrados. Estas galerias podem ser reutilizadas de acordo com a situação das mesmas, cada mina tem sua particularidade, mas para que se possa conseguir reutilizar a área de forma produtiva, algumas alternativas podem ser estudadas e executadas. (PINTO, 2021). Pinto (2021) traz uma série de alternativas de acordo com as características da mina após a sua exaustão como observado na tabela 1 a seguir.

**Tabela 1** -Alternativas de reutilização de minas subterrâneas.

<b>Método de lavra</b>	<b>Suporte</b>	<b>Dimensão da abertura</b>	<b>Reutilização possível</b>
Alargamento	Pilares	Grande	Estocagem de lixo, óleo, etc. Problemas: Nenhum acesso aberto depois da reutilização. Ausência de controle das paredes vazias. Dificuldade para controlar a detonação. Estabilidade do Pilar (local e global).
Câmaras e Pilares	Pilares	Médio	Todos os tipos de uso. Problemas: Estabilidade do pilar (local e global). Estabilidade do teto (local e global).
Corte e enchimento	Enchimento	Pequeno	Estocagem de rejeito como estéril. Problemas: Propriedades do material de enchimento (químico e geomecânico).
<i>Long wall</i>	Nenhum (Abatimento). Enchimento	Grande (em uma dimensão)	Estocagem de rejeito nos espaços vazios da galeria. Como corte e enchimento.
Lavra de solução de sal	Grande	Grande	Estocagem de hidrocarbonetos, lixos, ar comprimido. Problemas: Cavernas podem ser inspecionadas diretamente por funcionários.

Túnel	Nenhum – revestimento.	Seção pequena	Estocagem de mercadorias, hidrocarbonetos, água potável.
Poço vertical ( <i>shaft</i> )	Poço vertical ( <i>shaft</i> )	Seção pequena.	Estocagem de hidrocarbonetos.

Fonte: Pellizza e Peila, 1995 apud Pinto, 2021.

### **3. METODOLOGIA**

A metodologia seguida neste trabalho foi fundamentada em revisões bibliográficas de cunho explicativo. De acordo com Gil (2002), nesse tipo de pesquisa científica o foco central do estudo é identificar as razões que determinam ou contribuem para o acontecimento de um evento, tornando-se um estudo que se aprofunda na realidade.

O processo de desenvolvimento do presente trabalho iniciou-se com a definição do tema relacionado com o Fechamento de Mina, delimitado junto ao orientador, especificamente para minas subterrâneas com o objetivo de analisar as possíveis reutilizações após o fechamento das mesmas.

Após a escolha do tema e delimitação da área de pesquisa, um pré-projeto do trabalho foi desenvolvido e apresentado junto a uma banca avaliadora da instituição para apreciação e sugestão do que poderia ser melhorado. Desde o pré-projeto a principal fonte de pesquisa utilizada foi o Google Acadêmico, onde buscou-se por trabalhos como teses, monografias, livros, artigos e demais materiais qualitativos que tratavam sobre o tema e assim ter disponível uma gama de trabalhos onde foi feita uma filtragem para desenvolver cada tema e subtema dos assuntos abordados.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO (Minas com PFM e seus usos)**

### **4.1 Mina subterrânea de sal com reutilização diversa em Wieliczka - Polônia**

O primeiro caso de sucesso de uso futuro de uma mina subterrânea será a antiga mina de sal de Wieliczka, localizado no sul do território da Cracóvia na Polônia. Este estudo de caso foi baseado no artigo de STOUHI (2021).

A mina iniciou a sua operação de forma rudimentar há 5,5 mil anos após a descoberta de depósitos de sal, onde os moradores da região iniciaram a produção do bem mineral. Depois de centenas de anos extraíndo o sal da superfície, o sal foi totalmente explorado fazendo com que os trabalhadores construíssem poços e minas em busca de novas reservas, iniciando as primeiras minas subterrâneas, encontrando dessa forma grandes corpos de sal e dando status para a cidade de Wieliczka no século XVIII como a maior produtora de sal do Reino da Polônia, batizada na época como Magnum Sal (o Grande Sal), a produção de sal representava um terço da receita da coroa.

Depois de algum tempo de produção, ao final do século XV o sal estava sendo extraído a 64 metros de profundidade, essa galeria corresponde nos dias atuais como o primeiro nível do empreendimento. A mina continuava a se aprofundar e no século XVII já continha três níveis subterrâneos, no século XIX novos métodos de mineração foram introduzidos e a mina continuava sua produção a todo vapor.

A mina atingiu seu pico de produção de sal após a Segunda Guerra Mundial e no mesmo período ela passou a ser muito conhecida mundo a fora, dando a ela uma grande importância histórica e cultural da região, devido a esse fato, a mineração no local se tornou um desafio, e mesmo com a mina contribuindo com a economia local, o governo começou a focar na preservação do empreendimento, algo pouco comum no período. No ano de 1964 a escavação cessou, ficando com 327 metros de profundidade em um total de 9 níveis subterrâneos, a produção de sal se limitou apenas a processos de evaporação. A mina de Wieliczka foi inserida como Patrimônio Mundial da UNESCO em 1978, e foi operada até 1996 ano em que a produção foi totalmente suspensa, iniciando sua fase pós-fechamento.

Desde que a mina encerrou suas atividades minerais, as galerias foram e continuam sendo restauradas e transformadas com o objetivo de se ter novos usos e programas como: turismo, centros de cuidado com a saúde física e mental, espaços para apresentações de eventos e até centros de oração e peregrinação. Os atuais responsáveis do local afirmam que apenas 2% das escavações são reutilizadas, devido a sua grande estrutura e profundidade.

As figuras a seguir mostrarão algumas estruturas da mina e sua atual utilização produtiva.

**Figura 10** - Centro de tratamento de saúde interior da mina Wieliczka.



Fonte – <https://www.archdaily.com.br/br/970208/a-mina-de-ouro-branco-da-polonia-a-historia-de-um-dos-maiores-projetos-de-reuso-adaptativo-do-mundo>

A figura 10 demonstra um dos muitos usos da mina, trata-se de um centro de tratamento de saúde onde pacientes com doenças respiratórias crônicas como asma, pneumonia e bronquite recebem um tratamento especial pois no interior da mina o ar que circula passa por uma série de corredores salinos solúveis, que desempenham uma etapa antisséptica natural, purificando todo o ar resultando e uma atmosfera única com um microclima subterrâneo ideal para o tratamento das doenças citadas anteriormente. Durante a pandemia, pacientes com problemas respiratórios decorrentes da infecção da covid-19, visitaram o local com o objetivo de fortalecer os pulmões e melhorar a saúde.

**Figura 11** - Presença de sal no interior da mina.



Fonte – <https://www.archdaily.com.br/br/970208/a-mina-de-ouro-branco-da-polonia-a-historia-de-um-dos-maiores-projetos-de-reuso-adaptativo-do-mundo>

A figura 11 demonstra a presença de sal que poderia ser minerado, mas pelo fato do atual uso da mina, não é mais lavrada enquanto a figura 12 e 13 trazem mais duas utilizações de galerias resultadas da mineração do sal ao longo do tempo, transformadas e adaptadas para uso futuro.

**Figura 12** - Espaço eventos no interior da mina.



Fonte – <https://www.archdaily.com.br/br/970208/a-mina-de-ouro-branco-da-polonia-a-historia-de-um-dos-maiores-projetos-de-reuso-adaptativo-do-mundo>

A figura 12 traz uma sala de reuniões no interior do antigo empreendimento, com uma estética única.

## **4.2. Antiga pedreira subterrânea utilizada para exposição de artes**

Outro caso de uso futuro de mina subterrânea é de uma antiga pedreira na França, para este estudo de caso foi utilizado como referencial de informações a Revista “In The Mine” (2023).

A pedreira foi utilizada durante vários anos como fonte para extração de calcário branco que era utilizado na construção da cidade e do castelo de Baux-de Provence na França. A mina encerrou sua produção por volta de 1935 quando novos materiais modernos surgiram e substituíram a substância mineral que era ali retirado, o que tornou inviável economicamente a continuação das operações da mina.

Em 1959 a mina teve sua primeira reutilização, na ocasião partes do filme “O Testamento de Orfeu” do Cineasta Jean Cocteau foi filmado em algumas galerias da antiga mina, o filme é considerado um dos clássicos do cinema mundial.

No ano de 1975 o editor-chefe do jornal Parisien Libéré e também presidente da Gens d’Imagens, Albert Plécy, visitou e se impressionou com a beleza da estrutura subterrânea da antiga pedreira localizada em uma região conhecida como Val d’Enfer, dois anos após a visita Albert fundou a Cathedral of Imagens que iniciou o trabalho de projeção de grandes

imagens em 3D nas paredes e pilares da estrutura. Após essa primeira reutilização da estrutura da antiga mina, a programação desse tipo de exposição de artes não parou, passando a ser realizada todos os anos a partir do dia 6 de março. No ano de 2019 o artista escolhido para a exposição em forma de projeção de suas artes foi o pintor holandês Van Gogh, que buscou retratar as obras feitas pelo artista durante sua vida.

**Figura 13 - Entrada da galeria de artes.**



Fonte – <https://www.uol.com.br/nossa/viagem/album/guia/2014/08/05/pinturas-famosas-colorem->

A figura 13 mostra a entrada que dá acesso ao interior da galeria onde acontece as exposições de artes.

**Figura 14 - Projeções de artes nas galerias de antiga pedreira subterrânea na França.**



Fonte – <https://www.inthemine.com.br/site/exposicoes-de-arte-em-antiga-pedreira/>

A figura 14 mostra algumas projeções de artes realizadas nas galerias da antiga pedreira na França, enfatizando a beleza da arte e retratando a reutilização e uso futuro de um antigo empreendimento mineiro.

### **4.3 Mina subterrânea de ouro utilizada como parque de visitação em Mariana – MG**

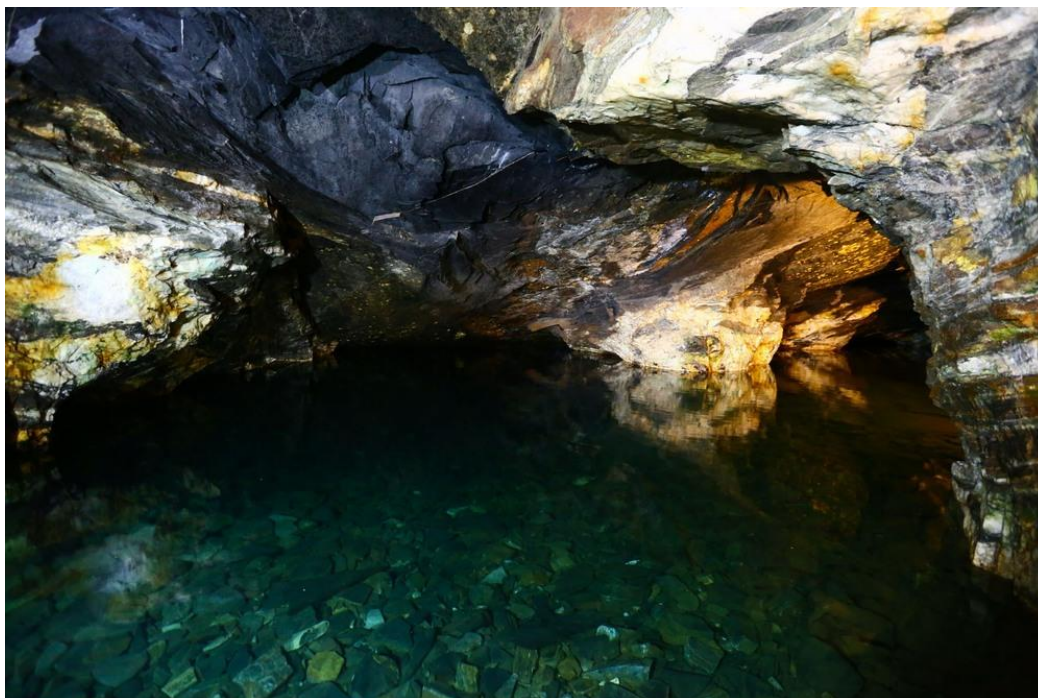
Nesse caso de sucesso de uso futuro de uma mina subterrânea que chegou à sua desativação definitiva, trata-se da Mina da Passagem localizada na cidade de Mariana em Minas Gerais, para elaboração desse estudo foi utilizado o artigo de MIRANDA & CURI (2017).

A Mina da Passagem teve a descoberta de ouro por volta de 1719 e com a criação da primeira mineradora do Brasil, a Sociedade Mineralógica de Passagem, passou a retirar o metal precioso em 1819. A mina foi a primeira a operar de modo subterrâneo no país, chegou a ser a maior mina de ouro em determinado momento de suas atividades e também detém o título de ser o primeiro empreendimento minerário mecanizado do país. Relatos afirmam que foram extraídos da mina ao longo de sua vida 35 toneladas de ouro por Ingleses e Portugueses.

A mina encerrou suas atividades mineiras em 1984, colocando a empresa em um dilema do que poderia ser feito com as galerias subterrâneas remanescentes, foi então que nasceu a ideia de reutilizá-la como uma mina para turismo. E então no ano de 1999 a mina foi reinaugurada como um parque de visitação, recebendo naquele ano mergulhadores de cavernas, a ideia foi tão assertiva que a mina passou a ser o ponto turístico mais visitado para essa modalidade de mergulho no Brasil. Nos dias atuais, além dos mergulhos nos lagos da mina, pequenos vagões Trolley, antes utilizados para transporte no interior da mina pelos mineradores, levam turistas até o interior da mina chegando até 120m de profundidade, permitindo uma experiência de exploração ao interior da antiga mina de ouro.

A seguir algumas figuras demonstrando o uso futuro da Mina da Passagem como ponto turístico.

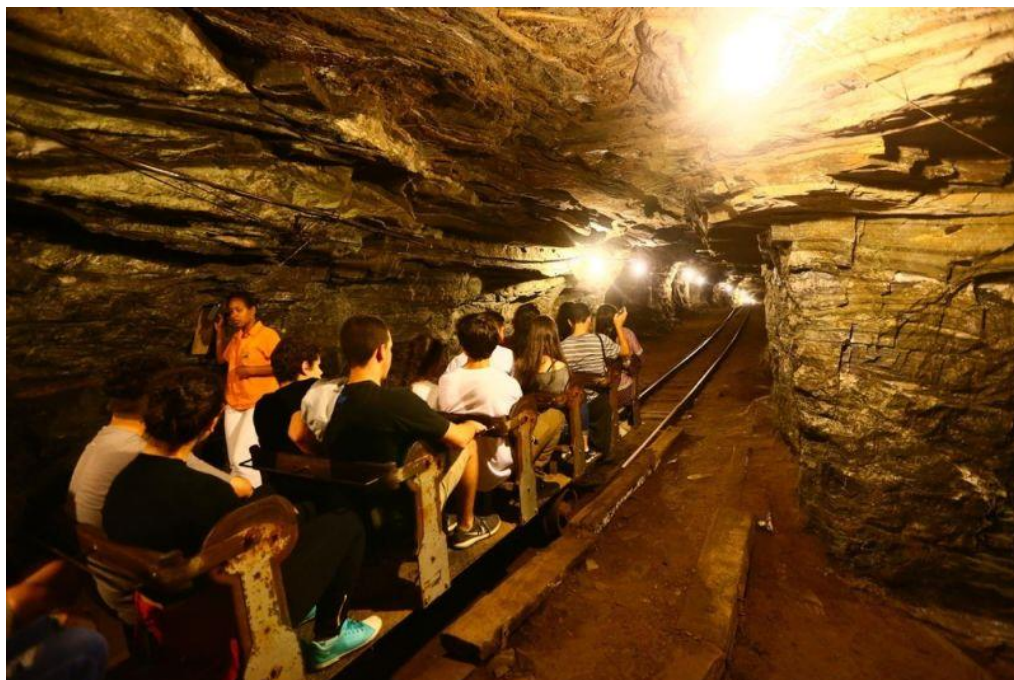
**Figura 15** - Lago subterrâneo na Mina da Passagem.



Fonte: <https://guia.melhoresdestinos.com.br/mina-da-passagem-206-5847-1.html>

A figura 15 traz um lago do interior da Mina da Passagem utilizado desde a inauguração para mergulhos por turistas e continua a ser visitado pelos aventureiros, um uso futuro de sucesso da antiga mina de ouro

**Figura 16** - Turistas no interior da Mina da Passagem.



Fonte: <https://guia.melhoresdestinos.com.br/mina-da-passagem-206-5847-1.html>

Na figura 16 nota-se alguns turistas utilizando antigos vagões antes usados para transportes no interior da mina e hoje dão suporte para a visitação do local.

#### **4.4 Antiga mina de ferro utilizada para cultivo de cogumelo e cofres subterrâneos.**

Este estudo de caso foi baseado no artigo TYSON (2020) publicado na revista “Mining International Inc”.

Em 1936 na cidade de New York Herman Knaust, um empresário do ramo do plantio de cogumelos, buscava por um local para que pudesse cultivar e aumentar a produ o dos fungos, foi então que ele encontrou uma antiga mina onde foi minerado ferro e encontra-se desativada, comprando-a e transformando-a para que funcionasse como uma fazenda ideal na produ o do produto. O novo empreendimento funcionou por muitos anos, cessando o plantio de cogumelos nos anos 50 quando o mercado não gerava mais tanto lucro, obrigando o empresário a encontrar novas formas de explorar o antigo empreendimento mineiro com uso lucrativo.

Nesses anos em que a produ o de cogumelo não era mais tão lucrativa e o mundo vivia um período de Guerra Fria entre os Estados Unidos e a antiga União Soviética, o que gerou um clima de desconfiança e medo na sociedade, Herman então teve a brilhante ideia de

utilizar as galerias subterrâneas como cofres de armazenamento seguros, batizando o novo uso da mina como Iron Mountain, passando a oferecer o novo serviço para empresas que buscavam proteção para suas informações de desastres naturais e até possíveis ataques nucleares. A ideia foi tão certa que Herman ocupou toda a mina, levando o empresário a expandir o negócio para uma outra mina antiga subterrânea de calcário localizada mais próximo da cidade de New York.

Mesmo depois de passar a utilizar a superfície para expandir os negócios, a Iron Mountain possui até os dias atuais cofres no subsolo, destacando-se entre eles uma antiga mina de calcário localizada em Boyers – Pensilvânia, onde empresas gigantes como a de Bill Gate utilizam para armazenamento de informações confidenciais.

As figuras 17 e 18 a seguir demonstram a antiga mina com uso futuro de sucesso.

**Figura 17** - Antiga mina reutilizada como cofres.



Fonte: <https://www.megacurioso.com.br/lugares-surpreendentes/74224-iron-mountain-de-uma-espiada-em-um-dos-cofres-mais-bem-guardados-do-mundo.htm>

Figura 17 mostrando a entrada da Iron Mountain, utilizada como cofre para armazenamento de dados e informações de diversas empresas.

**Figura 18** - Interior da antiga mina utilizada como cofre de segurança.



Fonte: <https://www.megacurioso.com.br/lugares-surpreendentes/74224-iron-mountain-de-uma-espiada-em-um-dos-cofres-mais-bem-guardados-do-mundo.htm>

A figura 18 traz o interior da antiga mina com as prateleiras e os documentos assegurados pela empresa.

#### **4.5 Mina com reuso para visitas guiadas e laboratório subterrâneo de física.**

Este caso foi enfatizado no artigo de KOZIOL (2016) publicado na revista on-line “ScienceLine” e também em informações da Revista Norte Americana Symmetry (2009).

No norte do estado de Minnesota - EUA, se encontra a Cordilheira do Ferro que foi por mais de um século uma das principais fontes de minério de ferro para o país. Várias das minas que se encontravam nos locais da cordilheira foram encerradas na metade do século 20 quando ficou inviável o transporte do minério do subsolo para a superfície. Mas um desses muitos empreendimentos ficou ativa de outra maneira: a mina subterrânea Soudan, desativada no ano de 1962, passou a ser utilizada para visitação de turistas que tem a oportunidade até os dias atuais de descer por até 800 metros de profundidade e explorar as estruturas originais da mina.

Os turistas além de explorar a estrutura interna do antigo empreendimento mineiro, tem a oportunidade de encontrar no interior dela um magnífico Laboratório Físico, em que há uma estrutura da dimensão de um campo de futebol e quatro andares de altura que alojam um

detector de partículas ao seu centro nomeado de MINOS (Main Injector Neutrino Oscillation Seach), este detector de partículas teve sua construção finalizada em 2003 e no mesmo ano iniciou o seu funcionamento com a finalidade de servir para que os cientistas estudassem sobre os Neutrinos, que era até então uma das partículas indescritíveis presente no universo e que eram um dos blocos mais comuns que construía a matéria.

O detector MINOS tem como função receber um feixe de Neutrinos disparado de uma fonte localizado no laboratório Fermilab, construído no estado de Illinois, estes estão distantes 720 quilômetros, apesar dessa distância as partículas subatômicas levam apenas uma fração de segundo para percorrer de um laboratório ao outro, pelo fato dos Neutrinos serem partículas de interação fracas, conseguindo atravessar por qualquer objeto sem qualquer resistência. Os cientistas estudam a oscilação dos neutrinos (os neutrinos podem assumir três formas diferentes) afim de responder questões relacionadas com a abundância de matéria no universo.

As figuras 19 e 20 a seguir ilustram a reutilização da antiga mina de ferro.

**Figura 19 - Interior da mina Soudan que abriga o laboratório físico em Minnesota - EUA.**



Fonte: <https://scienceline.org/2016/01/retiring-a-detector/>

A figura 19 traz a parede que fica próximo ao detector MINOS, o mural na parede foi pintado pelo artista local Joseph Giannetti, e representa os trabalhos realizados pelo laboratório

**Figura 20 - Detector MINOS**



Fonte: <https://scienceline.org/2016/01/retiring-a-detector/>

A figura 20 traz outra visão do detector de neutrinos MINOS, instalado no interior da antiga mina subterrânea.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho buscou estudar minas com fechamento adequado e com uso futuro de sucesso, e que possibilitam ao setor mineral a superar dois fatores de grande relevância: o primeiro está relacionado com os casos de abandono de mina, estes ocorrem de maneira bastante prejudicial para o nicho em volta do empreendimento, como abordado neste trabalho, e contribuem de forma negativa para a mineração, cujo setor já tem a imagem prejudicada por conta, por exemplo, dos casos de rompimento de barragens de rejeitos, mesmo a mineração contribuindo de maneira primordial na obtenção de matéria prima para quase todos os setores da indústria, tanto o abandono de mina quanto o rompimento de barragens contribuem para essa imagem negativa e a busca pelo fechamento adequado é essencial.

O segundo fato está relacionado com a Mineração Sustentável, termo que só cresce a cada ano, onde a busca pelo fechamento adequado de uma mina contribuirá para a área minerada, pois permite tanto a reabilitação quase que integral de áreas recuperadas quanto, quando possível, permite o reuso das minas exauridas de outras formas, enfatizado neste trabalho, conotando o conceito de sustentabilidade que é justamente permitir que mesmo após o encerramento das atividade mineiras, as áreas sejam suficientemente produtivas e autossustentáveis. A busca por respostas do estudo proposto se deu através de exploração em

livros, artigos, revistas e até mesmo em sites de turismos, pois grande parte de minas subterrâneas reutilizadas servem como pontos turísticos e são importantes fontes de parte da economia da cidade onde estão localizadas. Todos os materiais filtrados serviram de base para os resultados e discussões obtidos.

Para que se pudesse atingir uma compreensão sobre o Fechamento de Mina com uso Futuro de Sucesso, definiu-se três objetivos específicos: O primeiro sobre minas subterrâneas, legislação e fechamento de mina onde explanou-se sobre os métodos de minas subterrâneas e seus desafios; a evolução da legislação ao longo do tempo até que se chegasse à Resolução ANM n° 68 de 2021 que trata exclusivamente sobre o PFM; E as fases da mina até que se chegue ao fechamento, abordando temas como aporte financeiro e os motivos que levam à desativação dos empreendimentos.

Depois, de acordo com o que foi proposto no segundo objetivo específico, foi estudado os casos de abandonos de minas, que são empreendimentos que falharam quanto as medidas de reabilitação e recuperação após a paralisação de suas atividades, causando problemas para o meio ambiente e sociedade. Por fim, no terceiro objetivo específico proposto, chegou-se à conclusão que empreendimentos mineiros após o fechamento puderam ter um reaproveitamento do local de forma produtiva, com uso futuro que apoie a comunidade do entorno do empreendimento.

O trabalho enfrentou algumas dificuldades principalmente pela falta de material específico de fechamento de mina atualizado, há variados casos de outros usos futuros, mas essa falta de material impediu a explanação de mais casos de sucesso, principalmente no âmbito nacional. Isso acaba salientando um ponto importante a respeito do setor mineral que é o de mesmo sendo uma das atividades mais antigas realizadas pelo homem, a evolução, melhoria e tecnologia ocorre de forma lenta e com os recursos a cada ano que passa ficando mais escasso, essa evolução deve ocorrer de forma mais ágil por parte dos empreendimentos.

Outro ponto que vale salientar é que as empresas brasileiras não têm a obrigação de assegurar um aporte financeiro para o fechamento de mina o que já ocorre em outros países, o que garante que o PFM seja feito com mais facilidade. Situação essa que gera uma instabilidade e insegurança em caso de abandono de mina.

Foi visto que, existe um grande apelo para o uso relacionado com passeios turísticos e vistas guiada, sendo minas subterrâneas objetos de grande curiosidade por parte da população em geral. Para além, é enxergado também potencial para usos relacionados com os ambientes subterrâneas para salas, hospitais, depósitos, laboratórios e culturas que necessitam de atmosfera subterrânea.

Por fim, o trabalho conseguiu abranger todos os pontos que buscou estudar e chegou aos resultados esperados, onde o reaproveitamento de minas pode ser viável seguindo alguns parâmetros e planejamentos ao longo de sua vida útil, dando destaque ao uso de minas subterrâneas como locais turísticos, depósitos e cofres, hospital e centro de reabilitação e laboratório científico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ALBUQUERQUE, Ana Clara Alencar Prado de. **Mecanismos Jurídicos de Mitigação dos Danos Ambientais da Atividade de Mineração.** Monografia (Bacharelado em Direito/Relações Internacionais) – Faculdade de Ciências Jurídicas e Sociais, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2020.

Atlas Copco Rock Drills AB. (2007). Mining Methods in Underground Mining. (Mike Smith, Ed.) (Second Edi., p. 120). Ulf Linder.

ALMEIDA, Maurício Rios de; LIMA, Hernani Mota de. **Garantia Financeira Para Fins de Fechamento de Mina e o seu Impacto na Viabilidade de uma Mina. Estudo de Caso de uma Mina de Grande Porte.** Revista Escola de Minas, v. 61, p. 203-209, 2008. Disponível em:[https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/5018/1/ARTIGO\\_GarantiaFinanceiraFins.pdf](https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/5018/1/ARTIGO_GarantiaFinanceiraFins.pdf) Acesso em: 05 DE abril de 2023.

ANDRADE, Ana Flávia Barcelos. **Modelo de Otimização Para a Alocação de Recursos em uma Mina Subterrânea de Ouro.** Monografia (Bacharelado em Engenharia de Minas) – Departamento de Engenharia de Minas – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2019.

BARBOSA, Gabriel Gomes. **Fechamento de Mina: Uma Abordagem Técnico-Jurídica do Cenário Nacional e Internacional.** Monografia (Bacharelado em Engenharia de Minas) - Universidade Federal de Catalão, Catalão-Goiás, 2021.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Casa Civil, subchefia para assuntos jurídicos. Brasília, DF, 1988. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 21 de agosto de 2023.

BRASIL. Departamento Nacional de Mineração. Portaria nº 237 de 18/10/2001. Aprova as Normas Reguladoras de Mineração - NRM, de que trata o art. 97 do Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF.

BRASIL. Decreto-Lei nº 227, 28 de fevereiro de 1967. Código de Mineração. Casa Civil, subchefia para assuntos jurídicos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1967. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/del0227.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0227.htm). Acesso em: 20 de agosto de 2023.

BRASIL. Decreto-Lei nº 23.979, 08 de março de 1934. Extingue no Ministério da Agricultura a Diretoria Geral de Pesquisas Científicas, Criada, Pelo Decreto Nº 22.338, De 11 De Janeiro De 1933, aprova os Regulamentos das Diversas Dependências do Mesmo Ministério, Consolida A Legislação Referente À Reorganização por que Acaba de Passar e dá Outras Providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1934. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-23979-8-marco-1934-499088-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 20 de agosto de 2023.

BRASIL. Decreto-Lei nº 3.782, 22 de julho de 1960. Cria os Ministérios da Indústria e do Comércio e das Minas e Energia, e dá outras providências. Casa Civil, subchefia para assuntos jurídicos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1960. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1950-1969/L3782.htm#art5](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/L3782.htm#art5). Acesso: 20 de agosto de 2023.

BRASIL. Decreto-Lei nº 97.632, 10 de abril de 1989. Institui, para os Estados, Distrito Federal e Municípios, compensação financeira pelo resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, de recursos minerais em seus respectivos territórios, plataformas continentais, mar territorial ou zona econômica exclusiva, e dá outras providências. (Art. 21, XIX da CF). Casa Civil, subchefia para assuntos jurídicos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1989. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1989/decreto-97632-10-abril-1989-448270-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 21 de agosto de 2023.

BRASIL. Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017. Cria a Agência Nacional de Mineração (ANM); extingue o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM); altera as Leis nº 11.046, de 27 de dezembro de 2004, e 10.826, de 22 de dezembro de 2003; e revoga a Lei nº 8.876, de 2 de maio de 1994, e dispositivos do Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de

1967 (Código de Mineração). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 de dezembro de 2017.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração. **Resolução ANM N° 68/2021, de 04 de maio de 2021**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Seção 01, n° 82. ISSN 1677-7042

Brasil. **Resolução Conama n° 237**, de 19 de dezembro de 1997 Publicada no DOU n° 247, de 22 de dezembro de 1997, Seção 1, páginas 30841-30843

CAMELO, Marta Sawaya Miranda. **Fechamento de Mina: Análise de Casos Selecionados sob os Focos Ambiental, Econômico e Social**. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica de Barragens) – Núcleo de Geotecnia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006.

CARVALHO, Artur Chaves. **Fechamento de Mina**. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Minerais) – Departamento de Engenharia de Minas, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2013.

CENTENO, Camila Lomanato. **Sistematização De Procedimentos Para O Fechamento Temporário De Minas De Agregados**, 2017. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia, Departamento De Engenharia De Minas - UFRGS, Porto Alegre, 2017.

CURI, Adilson. **Lavra de Minas**. 1. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. V. 1. 480P.

DIAS, Leandro Pinheiro; COELHO, Emanuel Martins Simões; SILVA, Rebeca Ferreira Gonzaga. **Plano de Fechamento de Mina: Alternativas Para Reutilização da Área Impactada**. Artigo. R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 5, n. 1, p. 371-394, abr./set. 2016.

DIAS, JARDEL CARVALHO. **Avaliação do fechamento de mina a partir dos processos minerários da Superintendência do DNPM de Minas Gerais**. 2013. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. **I Cadastro de Minas Paralisadas e Abandonadas do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte:** FEAM, 2016. Disponível em:[http://feam.b.r/images/stories/2016/AREAS\\_DEGRADADAS/Cadastro\\_Minis\\_Paralisadas\\_e\\_Abandonadas\\_2016l.pdf](http://feam.b.r/images/stories/2016/AREAS_DEGRADADAS/Cadastro_Minis_Paralisadas_e_Abandonadas_2016l.pdf). Acesso em: 06 de abril de 2023.

FERNANDES, Patrícia Rocha Maciel; LIMA, Hernani Mota de. **O quadro normativo do fechamento de mina e a gestão de minas abandonadas no Brasil e no Estado de Minas Gerais.** Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 8, n. 18, p. 352-370, abr. 2021. Disponível em: [https://www.repositorio.ufop.br/jspui/bitstream/123456789/13901/1/ARTIGO\\_QuadroNormativoFechamento.pdf](https://www.repositorio.ufop.br/jspui/bitstream/123456789/13901/1/ARTIGO_QuadroNormativoFechamento.pdf) . Acesso em: 3 de abril de 2023

FIGUEIREDO, Lucas. **Fechamento De Mina No Brasil – Revisão E Cenário Atual.** 2022 Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Minas) Departamento De Engenharia De Minas -Universidade Federal De Ouro Preto, Ouro Preto, 2022.

FLORES, José Cruz do Carmo; LIMA, Hernani Mota de. **Fechamento de mina: aspectos técnicos, jurídicos e socioambientais.** Ouro Preto: Editora UFOP, 2012. 316 p.

G1 Santa Catarina. **Empresários e Órgãos Públicos são Processados por Abandono de Mina.** 15 de julho de 2016. Disponível em : <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2016/07/empresarios-e-orgaos-publicos-sao-processados-por-abandono-de-mina.html> Acesso: 27 de Abril de 2023.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projeto de Pesquisa.** 4a ed. São Paulo: Editora Atlas S.A. 2002.

HEIDER, Mathias. **Visão da mineração subterrânea no Brasil.** In The Mine. 2017. p.13-16.

LOURES, Pedro Superbi. **Projeto De Pré-Viabilidade Econômica De Depósitos Mineraiis: Estudos De Caso Do Quadrilátero Ferrífero.** Monografia (Bacharel em Engenharia de Minas) – Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

KOZIOL, Michael. **Retiring a dtector**. Scienceline. 24 de janeiro de 2016. Disponível em: <https://scienceline.org/2016/01/retiring-a-detector/>. Acesso: 27 de setembro de 2023.

MACHADO, Nívia. **Mina de ouro é descoberta após parte de uma casa desabar em Ouro Preto**. Estado de Minas, Minas Gerais, 12 de janeiro de 2023. Disponível em: [https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2023/01/12/interna\\_gerais,1444043/mina-de-ouro-e-descoberta-apos-parte-de-uma-casa-desabar-em-ouro-preto.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2023/01/12/interna_gerais,1444043/mina-de-ouro-e-descoberta-apos-parte-de-uma-casa-desabar-em-ouro-preto.shtml) Acesso: 19 de outubro de 2023.

MIRANDA, J. F.; CURTI, A. **Uso turístico da mina subterrânea brasileira de ouro de Passagem (MG)**. Revista de Medio Ambiente Minero y Minería, n. 3, p. 35-43, 2017. Disponível em: <[http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2519-53522017000200004&script=sci\\_arttext](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2519-53522017000200004&script=sci_arttext)>. Acesso em: 15 de Outubro de 2023.

MAPA DA MINA 2023. **In the mine**, 2023. Disponível em: <https://www.inthemine.com.br/site/exposicoes-de-arte-em-antiga-pedreira/>. Acesso: 12 de outubro de 2023.

MOREIRA, Felipe Nako Moreira. **Dimensionamento de Frota de Transporte e Carregamento para as Operações Unitárias de uma Mina em Expansão**. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Minas) – Departamento de Engenharia de Minas, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

NEME, Milton Brigolini; SILVA, José Margarida Da; CARNEIRO, Aida Carolina Borges. **Realização de projeto de lavra de mina subterrânea com utilização de aplicativos específicos**. REM. Revista Escola de Minas (Impresso), v. 64, p. 519-524, 2011.

NERI, Ana Claudia. **Tratamento de Incertezas no Planejamento do Fechamento de Mina**. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

OLIVEIRA JÚNIOR, José Baptista de. **Desativação de mina: conceitos, planejamento e custos**. Salvador: EDUFBA, 2006. 112 p.

PINTO, Caio Cezar Alves. **Inundação Controlada Como Alternativa De Fechamento De Mina Subterrânea**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Minas) – Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

SÁNCHEZ, L. E.; SILVA-SÁNCHEZ, S.S.; NERI, A.C. **Guia para o Planejamento do Fechamento de Mina**. Brasília: Instituto Brasileiro de Mineração, 2013.

STOUHI, Dima. "**A mina de ouro branco da Polônia: a história de um dos maiores projetos de reuso adaptativo do mundo**" [Poland's White Gold: The Story Behind one of the World's Biggest Adaptive Reuse Projects] 09 Nov 2021. ArchDaily Brasil. (Trad. Libardoni, Vinicius) Acessado 10 Out 2023. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/970208/a-mina-de-ouro-branco-da-polonia-a-historia-de-um-dos-maiores-projetos-de-reuso-adaptativo-do-mundo>> ISSN 0719-8906

TAVEIRA, Ana Lúcia Silva. **Provisão de Recursos Financeiros Para o Fechamento de Empreendimentos Mineiros**. 2003. 223 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Minas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

TYSIN, Rob. **Innovative ways to repurpose old mines**. Mining International Inc. 7 de julho de 2023. Disponível em: <https://www.mining.com/web/innovative-ways-to-repurpose-old-mines/>. Acesso: 20 de outubro de 2023.

ZINGANO, André Cezar; KOPPE, Jair Carlos; GAVRONSKI, Jorge; CABRAL, Roger Romão. **Fechamento de Mina – Caso Mina do Verdinho**. Congresso Brasileiro de Minas a Céu Aberto e Minas Subterrâneas. [Anais] [recurso eletrônico]. [Belo Horizonte: IBRAM, 2021]. Disponível em: <https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2021/04/T-39-Jorge-Dariano-Gavronski.pdf>. Acesso 25 de março de 2023.