

## PLANEJAMENTO PARA A ETAPA DE FECHAMENTO DO PROGRAMA DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS EM TIMBOPEBA\*

*Tiago Henrique Coelho Pires<sup>1</sup>*

*Maycon Silva Alves<sup>2</sup>*

*Dênia Mara Rodrigues de Paula<sup>3</sup>*

*Felipe Henrique Alvarenga Santos<sup>4</sup>*

*Ronildo da Costa Soeiro<sup>5</sup>*

*Christiane de Almeida Magalhães Oliveira<sup>6</sup>*

*Luiz Flávio Barroso Cesário<sup>7</sup>*

### Resumo

O Fechamento de Mina busca presumir o último cenário da mina, ou seja, os anos finais da operação. O planejamento do fechamento é realizado em função da configuração final planejada para os ativos conforme o plano diretor da mina. O fechamento de uma mina, em decorrência da impossibilidade de continuação das atividades de lavra, envolve diversos aspectos ambientais e socioeconômicos que exigem planejamento, gestão e provisão de recursos. É importante que desde o início das atividades de implantação do projeto sejam feitas projeções técnicas e previsões orçamentárias para o fechamento das estruturas que compõem o projeto da mina. O objetivo é estabelecer procedimentos e identificar as atividades necessárias para que a área tenha condições desejáveis à implantação do uso pré-determinado para o pós-fechamento. Esse planejamento para o fechamento envolve a busca de soluções para minimizar os impactos negativos em longo prazo e, inclui a formulação de estratégias de transição para as questões socioeconômicas com elevado foco em sustentabilidade. O cenário aqui considera o planejamento do fechamento do programa de disposição de rejeitos em Timbopeba, se tratando de um empreendimento pertencente a empresa Vale S.A, localizado entre os municípios de Ouro Preto e Mariana no estado de Minas Gerais.

**Palavras-chave:** Fechamento de Mina; Timbopeba; Programa de disposição de rejeitos.

### PLANNING FOR THE CLOSING STAGE OF THE TAILINGS DISPOSAL PROGRAM IN TIMBOPEBA

#### Abstract

Mine Closure seeks to presume the last scenario of the mine, that is, the final years of the operation. Closure planning is carried out based on the final configuration planned for the assets in accordance with the mine's master plan. The closure of a mine, due to the impossibility of continuing mining activities, involves several environmental and socioeconomic aspects that require planning, management and provision of resources. It is important that, from the beginning of the project implementation activities, technical projections and budget forecasts are made for the closure of the structures that make up the mine project. The objective is to establish procedures and identify the activities necessary for the area to have desirable conditions for the implementation of the predetermined post-closure use. This closure planning involves the search for solutions to minimize negative impacts in the long term and includes the formulation of transition strategies for socioeconomic issues with a high focus on sustainability. The scenario here considers the planning of the closure of the tailings disposal program in Timbopeba, in the case of an enterprise

belonging to the company Vale S.A, located between the municipalities of Ouro Preto and Mariana in the state of Minas Gerais.

**Keywords:** Mine Closure; Timbopeba; Tailings disposal program.

- <sup>1</sup> *[Graduando em Engenharia de Produção, Estagiário de Engenharia, Mineração Morro do Ipê, Brumadinho, MG, Brasil.*
- <sup>2</sup> *[Engenheiro Mecânico, Mestre, Engenheiro de Projetos Master, Vale S.A, Nova Lima, MG, Brasil.*
- <sup>3</sup> *[Engenheira Civil, Engenheira de Projetos Sênior, Vale S.A, Nova Lima, MG, Brasil.*
- <sup>4</sup> *[Engenheiro de Produção, Engenheiro de Operação Sênior, Mineração Morro do Ipê, Brumadinho, MG, Brasil.*
- <sup>5</sup> *[Engenheiro de Produção, Coordenador de Usina, Mineração Morro do Ipê, Brumadinho, MG, Brasil.*
- <sup>6</sup> *[Administradora, Graduanda em Engenharia de Produção, Analista Excelência Operacional, Vale S.A, Nova Lima, MG, Brasil.*
- <sup>7</sup> *[Engenheiro Mecânico, Engenheiro de Projetos Pleno, MCA Auditoria e Gerenciamento, Nova Lima, MG, Brasil.]*

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Contextualização Sobre Fechamento de Mina

O Fechamento de uma mina requer um nível de planejamento tanto quanto a implantação de um projeto minerário. A etapa do fechamento trabalha com processos que buscam avaliar e estudar as estruturas, para planejar a execução das obras de descomissionamento.

O processo de execução das obras de fechamento inicia-se com o levantamento do histórico das estruturas e o desenvolvimento de campanhas de investigações para subsidiar os projetos de descomissionamento. A próxima fase é a execução da obra e, em seguida, o monitoramento para avaliação da efetividade das ações realizadas. Na elaboração dos projetos de descomissionamento, as alternativas para o uso futuro da área são consideradas e definem as premissas de projeto.

Os Programas de Fechamento fornecem uma abordagem integrada e consistente sobre os projetos de descomissionamento e ações para o fechamento de uma mina. O histórico da mina apropriado nos Plano de Fechamento e a provisão de recursos financeiros, realizada desde a implantação do projeto, favorece a integração do planejamento para o fechamento com os demais processos de planejamento da mina. Identificando os atores envolvidos, avaliando as oportunidades de sinergia e estabelecendo papéis e responsabilidades, garantindo assim, o êxito no processo progressivo de fechamento.

Os projetos para o fechamento envolvem áreas diversas da companhia. Nesse sentido, é necessário alinhar os envolvidos e definir os líderes em cada área, bem como os papéis e responsabilidades, dentro do processo de fechamento. A gestão dos Programas de Fechamento é feita pela equipe da Gerência de Planejamento e Gestão de Uso Futuro, que conduz o andamento das atividades, junto aos líderes de área. E os líderes das demais disciplinas são compostos pela equipe operacional e especialistas que abrangem todas as dimensões que devem ser consideradas no processo de fechamento.

A etapa de implantação do Programa de Fechamento consiste na reavaliação das atividades anteriormente propostas para a mina, mediante um diagnóstico da situação atual e do levantamento e entendimento do histórico. Em seguida, é estabelecido um cronograma de execução das ações e obras para o fechamento, que podem ter início antes do encerramento das operações.

No Brasil, um dos principais dispositivos legais sobre fechamento de mina, designada desativação de empreendimento mineral, foi formalizado pela Portaria [DNPM] – Departamento Nacional de Produção Mineral nº 237, de 18/10/2001 e alterado pela Portaria DNPM nº 12, de 22/01/2002, instituindo as [NRM's] – Normas Reguladoras de Mineração.

A NRM-20 disciplina a Suspensão, o Fechamento de Mina e a Retomada das Operações Mineiras e a NRM-21 tem por objetivo definir procedimentos administrativos e operacionais em caso de reabilitação de áreas pesquisadas, mineradas e impactadas. De acordo com a NRM-20, o Plano de Fechamento de Mina deverá ser considerado no [PAE] – Plano de Aproveitamento Econômico de uma jazida e deverá ser atualizado periodicamente ou sempre que necessário.

## 1.2 Contextualização Sobre a Atual Condição da Mina de Timbopeba

A mina de Timbopeba, está situada entre os municípios de Ouro Preto e Mariana, região pertencente ao quadrilátero ferrífero no estado de Minas Gerais. Atualmente, a unidade operacional de Timbopeba encontra-se em situação de paralização temporária. Essa mina operou durante 23 anos e produziu [ROM] – Run of Mine de minério hematítico, com teor variando entre 64% a 67% de Ferro, e Itabirito com teor médio de 54% de Ferro. Além de possuir uma mina, o site conta também com a presença de uma usina de tratamento mineral que atualmente se encontra em operação, e é alimentada com ROM da mina vizinha de Fábrica Nova, também localizada no mesmo complexo minerário da mina de Timbopeba, onde ambos os empreendimentos pertencem a mineradora Vale S.A.

Após algumas ocorrências, que envolveram o rompimento de barragens nos últimos anos no estado de Minas Gerais, causando grandes impactos ambientais e perda de centenas de vidas, a legislação brasileira passou por algumas revisões pelos órgãos responsáveis pela gestão do segmento mineral no Brasil, de maneira com que mudasse as formas de operações dentro das empresas de mineração, bem como a disposição final de rejeitos gerados através dos processos de tratamento mineral que ocorrem dentro das usinas, ficando proibido a construção de novas barragens para este fim de uso, além da proibição de algumas estruturas existentes dado suas atuais condições apresentarem riscos de ocasionar novos acidentes.

A partir de então, vieram a surgir estudos de tecnologias no qual permitem um maior reaproveitamento dos rejeitos gerados dentro das usinas de tratamento, e estudos que possibilitem a redução de umidade nestes rejeitos, para que possam ser dispostos através de um empilhamento a seco, algo similar a pilhas de estéril. Entretanto, até o surgimento e implantação destas novas tecnologias, houve a necessidade em realizar o levantamento de alternativas em que permitissem a continuidade operacional do site de Timbopeba, evitando assim, uma paralização total da unidade operacional, pelo fato da inexistência de uma solução para disposição dos rejeitos. Surgindo a partir daquele dado momento, a disposição em caráter emergencial dos rejeitos umidificados dentro da cava paralisada de Timbopeba, conforme pode-se ver na figura 1 e figura 2. Essa ação, foi definida apenas como temporária, sendo estabelecida em conjunto com a aprovação de órgãos fiscalizadores brasileiros no que tange o segmento minerário. Sendo firmado por ambas as partes, a retirada do rejeito de dentro da cava em um cenário futuro, pois de acordo com as normas estabelecidas pela [ANM] – Agência Nacional de Mineração, deverá haver o cumprimento dos itens voltados ao fechamento de mina. Devido a essa normatização, a cava carecerá de encontrar-se em situação na qual possibilite a retomada de lavra durante a etapa de fechamento de mina, fato este que se presume ao surgimento de tecnologias onde permitem a viabilidade de uma possível retomada das operações da mina.



**Figura 1.** Vista aérea da unidade operacional de Timbopeba (cava + usina).

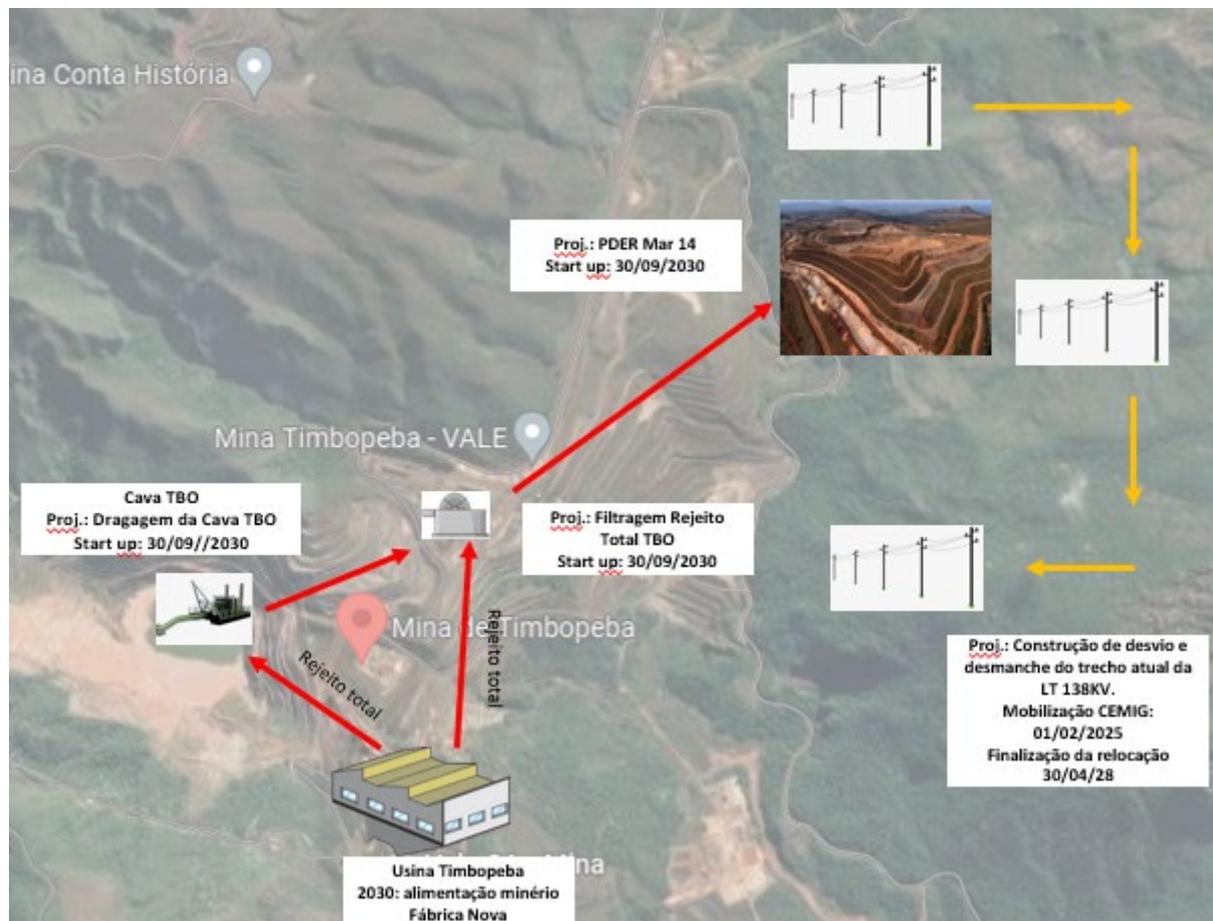


**Figura 2.** Vista da cava de Timbopeba com disposição de rejeitos.

### **1.3 Contextualização Sobre o Programa de Disposição de Rejeitos Timbopeba**

Conforme ação temporária tomada, permitindo a continuidade operacional da usina de Timbopeba, houve-se a partir de então, a necessidade na busca por soluções definitivas, visando o cenário futuro da unidade operacional. Pois a partir deste dado instantâneo, o volume limite de enchimento de rejeitos na cava se aproximará com o passar dos anos, tendo adiante dois grandes desafios, sendo o primeiro a paralização do site devido à falta de alternativas para disposição de rejeitos, e o segundo a retirada do rejeito disposto dentro da cava.

Após uma série de estudos, chegou-se a definição de uma alternativa na qual viabilizasse o negócio. Surgindo a partir de então, o programa de disposição de rejeitos em Timbopeba, projeto que se baseia na implantação futura de uma filtragem de rejeitos a disco, uma pilha para disposição de rejeitos a seco, denominada MAR 14, e a dragagem da cava de Timbopeba, conforme figura 3.



**Figura 3.** Ilustração do projeto – Cenário com ativos do projeto.

O principal objetivo deste projeto, fundamenta-se na continuidade operacional do site e nas exigências da ANM visando o futuro plano de fechamento de mina da unidade, onde todo rejeito a úmido gerado durante as etapas de tratamento mineral na usina, serão direcionados para filtragem de rejeitos a disco, e posteriormente sendo empilhado na [PDR] – Pilha de Disposição de Rejeitos MAR 14 após redução da umidade, e simultaneamente a retirada do rejeito disposto temporariamente na cava por meio de dragagem, onde todo fluxo será também direcionado para a filtragem de rejeitos a discos e sendo empilhado na PDR MAR 14.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Diretrizes Para Descomissionamento e Monitoramento

As atividades minerárias causam diversas modificações topográficas de caráter permanente, que obedecem a critérios específicos quanto ao sistema de drenagem de águas pluviais, aos preceitos geotécnicos contra escorregamentos e rompimento de taludes, dentre outras medidas preventivas relacionadas aos riscos ambientais.

O planejamento para o fechamento é a antevisão dos processos que buscam garantir um cenário propício no longo prazo com foco na sustentabilidade. Este planejamento visa garantir a utilização da região frente as potencialidades de uso futuro. Esta garantia é inerente ao desenvolvimento dos processos de descomissionamento, traduzido no seu aspecto chave que é a segurança da área, representado nos três temas apresentadas a seguir:

- **Estabilização física:** estabilização geotécnica e hidráulica das estruturas.
- **Estabilização química:** investigação de áreas contaminadas e remediação.
- **Estabilização biológica:** revegetação e medis para reabilitação/recuperação ambiental da área.

A estabilidade física refere-se às diretrizes e proposições de engenharia que visam garantir que as estruturas, e a mina como um todo, sejam encerradas dentro dos preceitos das melhores práticas na mineração, evitando principalmente processos associados à erosão, geração de sedimentos, assoreamento de fundo de talwegues e perda de geometrias de projeto que poderá repercutir em custos adicionais e impactos ao meio ambiente no longo prazo.

A estabilidade química de uma dada região é fortemente associada às características intrínsecas dos materiais presentes no local, mas também às atividades que se desenvolve ao longo dos anos. Em determinadas situações, para a promoção da estabilidade química no longo prazo, são necessárias ações de identificação das áreas afetadas e das intervenções necessárias para a garantia dos parâmetros preconizados nas boas práticas e legislações pertinentes.

A estabilidade biológica trata da diversidade e resiliência das espécies em determinado ambiente no que tange o desenvolvimento ecológico da região. Com intuito de propiciar este desenvolvimento, deverá ser apresentado, em momento oportuno, a definição das unidades fisionômicas e da cobertura vegetal da área, identificando os componentes da vegetação os quais serão aplicados no processo de revegetação. A presença de cobertura vegetal, além de contribuir com o controle de erosões e prevenir o carreamento de sólidos, é capaz de atenuar os impactos visuais, integrando às estruturas ao ecossistema do entorno. O desenvolvimento de vegetação é também fator preponderante para a recuperação/reabilitação da área, orientado de acordo com a utilização pretendida.

Os objetivos fundamentais do plano de fechamento de um empreendimento minerário são a definição dos conceitos e as diretrizes que deverão ser seguidos ao longo do tempo, buscando estabelecer de forma global um adequado desempenho das estruturas e preparar a região para o cenário de uso futuro mais provável. Para tanto, é de fundamental importância que estes três aspectos de estabilidade sejam alcançados e mantidos ao longo dos anos no período pós-descomissionamento com acompanhamento e cuidados necessários.

Este período de acompanhamento/cuidado varia de acordo com características particulares de cada estrutura. As atividades no pós-descomissionamento podem ser de caráter permanente, como no caso de barragens ou podem ser temporárias, feitas até o momento em que se tenha garantia da estabilidade geotécnica, como acontece em pilhas de estéril, por exemplo, culminando na condição onde não há necessidade de intervenções ou manutenções, denominados pelo termo “walk away”. A confirmação da estabilidade física se dá por meio de inspeções visuais e leitura de instrumentos a serem instalados na estrutura (ex.: marcos topográficos,

piezômetros e indicadores de nível d'água). A integridade física do sistema de drenagem superficial também é um aspecto comumente verificado em inspeção. Caso sejam identificados danos ou não conformidades, são previstas atividades de manutenção corretiva.

## **2.2 Atividades de Fechamento dos Ativos**

A primeira etapa dos Programas de Fechamento prevê um diagnóstico da situação atual da área como um todo, bem como o levantamento da trajetória do projeto concebido ao longo dos anos. Dessa forma, é possível rever o planejamento para o fechamento de acordo com a realidade em que, de fato, a mina se encontrará dado o encerramento das operações, adequando as atividades anteriormente propostas conforme for necessário.

A partir da avaliação das condições de operação dos ativos, é possível iniciar as atividades de fechamento que deverão ser realizadas por tipologia de ativo integrante da Mina Timbopeba, com a elaboração dos respectivos projetos. O objetivo é adequá-los às condições de segurança para o fechamento.

As soluções aqui apresentadas são de cunho conceitual e deverão evoluir à medida que a vida útil das minas se aproximarem de sua exaustão e os projetos de descomissionamento sejam detalhados, mediante a implantação do programa de fechamento de mina. As revisões subsequentes deverão se orientar diante das mudanças de premissas que possam condicionar as soluções.

Abaixo estão descritas as atividades previstas para o descomissionamento dos ativos previsto no programa de disposição de rejeitos em Timbopeba, no âmbito do processo de fechamento. A partir das características gerais das diferentes tipologias de ativos, bem como do processo de implantação e operação é possível estabelecer as atividades de fechamento específicas para cada tipo, com o objetivo de adequá-los aos padrões de segurança, de acordo com o uso futuro planejado para a área.

### **Cava**

O projeto de dragagem da cava de Timbopeba, trará como benefício a longo prazo a contribuição para o cenário de fechamento de mina, pois de acordo com a atual legislação vigente, a cava deverá estar vazia, sem a presença de resíduos acumulados em seu interior, pois ao início do programa de fechamento para a mina Timbopeba, será avaliada a situação atual da cava, perante o que havia sido previsto em projeto, bem como as condições gerais de drenagem e estabilidade de taludes. Ao longo dos cinco anos antes do encerramento das atividades minerárias a operação da cava deverá ser orientada para a configuração esperada no cenário de fechamento da mina.

### **Pilha de Disposição de Rejeito (PDR)**

O projeto já prevê na sua formação, a geometria adequada para atender os critérios de fechamento conforme fator de segurança definido nas normas técnicas vigentes. Esse projeto será feito através das seguintes fases de fechamento: transição (preparar as etapas de cuidados voltados a fechamento), cuidado ativo (após o término da transição) e cuidado passivo (após as atividades de mineração). Em função das características dos materiais lançados, da dinâmica operacional e o tempo de formação do maciço, na Vale é adotada a prática de rebatimento e revegetação dos taludes tão logo se alcance a elevação de projeto dos bancos em [PDER's] - Pilhas de Disposição de Estéril e Rejeito, o projeto irá utilizar o topsoil do

local com o objetivo de manter a biodiversidade local. Desta forma, o processo de descomissionamento de pilha segue concomitante ao processo de lançamento de estéril e rejeito. A medida que se avança na formação da pilha torna-se necessária a implantação dos dispositivos de drenagem superficial. Ao final do processo de desenvolvimento da pilha, praticamente todas as ações de descomissionamento já foram realizados.

Nesse sentido, a situação das pilhas de estéril e rejeito deverá ser avaliada no início do programa de fechamento de mina em Timbopeba, visando identificar a necessidade de correções pontuais nos taludes e na vegetação, além de eventual necessidade de pequenas intervenções no sistema de drenagem superficial. As condições geotécnicas das estruturas devem ser monitoradas por meio de instrumentação específica. As atividades concebidas para o descomissionamento estão apresentadas, de forma sucinta, na tabela 1 abaixo.

Alcançar a condição de walk away é um dos objetivos para o descomissionamento dessas estruturas. Condição essa confirmada através da verificação de desenvolvimento satisfatório da vegetação e performance adequada da drenagem superficial, durante o período de manutenção e monitoramento no pós-obra.

Ao final do processo de fechamento, encerrado o monitoramento e manutenção das estruturas, os acessos deverão ser avaliados para definição de quais permanecerão. Os demais deverão ser descaracterizados por meio de subsolagem e revegetação.

**Tabela 1.** Resumo das atividades para descomissionamento das pilhas de estéril.

Tipologia	Estruturas	Atividades
Pilha de Rejeito	PDR MAR 14	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Levantamento topográfico;</li> <li>- Adequação pontual do sistema de monitoramento geotécnico;</li> <li>- Adequação pontual dos taludes;</li> <li>- Adequação pontual da drenagem superficial e periférica</li> <li>- Reforço da vegetação dos taludes e bermas.</li> </ul>

### **Instalações Industriais e Infraestrutura de Apoio**

A permanência das infraestruturas de apoio e instalações industriais ao fim das atividades minerárias deve ser avaliada mediante o uso futuro pretendido para a área. No caso do programa de disposição de rejeitos em Timbopeba, é vislumbrado um uso futuro conservacionista, no qual a manutenção de tais estruturas torna-se desnecessária. Diante disso, no escopo inicial do programa de fechamento de mina de ambos os projetos que compõe esse programa, serão levantadas e avaliadas ambientalmente todas as infraestruturas e instalações industriais que compõe o cenário do último ano da mina, para que, em seguida, sejam programadas as ações necessárias para o fechamento.

De uma maneira geral, o descomissionamento relativo à essa tipologia de ativo inclui a investigação de áreas com potencial de contaminação e eventual reabilitação; atividades de desmobilização de equipamentos, demolição e remoção de edificações; adequação pontual da drenagem superficial e revegetação da área.

As estruturas em concreto armado, quando possível, deverão ser demolidas de forma a estabelecer uma condição onde o risco ambiental seja reduzido. No final do processo de estabilização biológica e geotécnica, deverão ser revistos os acessos de manutenção e monitoramento, permanecendo apenas aqueles mais relevantes.

As atividades concebidas para o descomissionamento estão apresentadas a seguir, na tabela 2.

**Tabela 2.** Atividades para descomissionamento das instalações industriais e infraestrutura do programa de disposição de rejeitos em Timbopeba.

Tipologia	Estruturas	Atividades
Instalações Industriais e Infraestrutura	Rejeitoduto, Planta de filtragem, transportador de correia de longa distância, escritórios, oficinas mecânica e de manutenção, subestações, sala de controle, áreas de apoio operacional, central de preparo e armazenamento dos insumos para diques e sumps, salas de bombas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigação de áreas com potencial de contaminação;</li> <li>- Desativação de sistemas e desmontagem de estruturas;</li> <li>- Adequação dos sistemas de drenagem;</li> <li>- Subsolagem;</li> <li>- Revegetação;</li> </ul>

### **Monitoramento e Manutenção**

Ressalta-se ainda a necessidade de realização de monitoramento geotécnico e ambiental, assim como manutenção na etapa de pós-fechamento, conforme listado na tabela 3. A partir dessas ações é possível medir a eficiência das atividades propostas para todos os ativos e para a área de forma geral.

**Tabela 3.** Monitoramento e manutenção no pós-fechamento.

Atividade	Pontos de atenção
Monitoramento e Manutenção no pós-fechamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenvolvimento ecológico das áreas revegetadas;</li> <li>- Estabilidade geotécnica das estruturas;</li> <li>- Qualidade das águas superficiais e subterrâneas;</li> <li>- Vazões nos cursos d'água no entorno da área.</li> </ul>

### **2.3 Controle Ambiental**

O descomissionamento de estruturas para o processo de fechamento de mina pressupõe impactos em diferentes elementos ambientais na área onde ocorrerá o programa de disposição de rejeitos e seu entorno. Para a realização das obras de fechamento haverá a demanda por equipes e equipamentos em campo e, para isso,

será necessário mobilizar canteiros, transportar material e movimentar máquinas e veículos na área. Os aspectos identificados nesse contexto incluem a geração de ruído, vibração e sedimentos; emissão de gases da combustão e material particulado; geração de resíduos, efluentes líquidos e oleosos.

Os impactos sobre o meio físico que podem advir desses aspectos compreendem a alteração da qualidade do ar, das propriedades do solo e dos níveis de ruído e vibração.

Com o objetivo de garantir os níveis desejáveis de qualidade ambiental no processo de fechamento, os impactos identificados serão contemplados em programas e planos específicos, que materializam as medidas mitigadoras e de controle ambiental, bem como as respectivas ferramentas de monitoramento.

A reabilitação ambiental das áreas ao final do processo de fechamento é um aspecto ao qual são atribuídos relevantes impactos positivos, dentre eles pode-se citar a recolonização florística na área reabilitada; a recolonização das comunidades faunísticas; e a criação de meio favorável à preservação ambiental de uma forma geral.

### **2.4 Proposta de Uso Futuro**

Um projeto de fechamento de uma mina deve, necessariamente, considerar alternativas de uso futuro viáveis para a área. A definição dessas alternativas exige um exercício de antevisão que deverá ser feito com prudência, já que a dinâmica espacial no entorno pode vir a impor ajustes e adequações. Esse exercício deve ser constante, para incorporar novas informações capazes de alterar as fundamentações anteriores a respeito do tema. Portanto, a estratégia mais adequada é desenvolver um conjunto de alternativas em graus crescentes de detalhamento conforme se aproxime a data prevista de encerramento das atividades e quando das revisões periódicas dos planos de fechamento.

Os usos futuros para uma região são propostos com base em estudos de aptidão, considerando-se as diversas variáveis envolvidas, como aspectos socioeconômicos, planejamento ambiental, aspectos paisagísticos e topográficos, recursos hídricos, planos diretores, legislação urbana e ambiental. Para as propostas de uso futuro, na etapa conceitual, são estabelecidas diretrizes que se apoiam nos resultados da análise de perspectivas e tendências, de acordo com as variáveis consideradas. Para o estabelecimento dessas tendências, foram admitidos alguns atributos no âmbito da mina e no âmbito regional, apresentadas na tabela 4 a seguir.

Tabela 4. Atributos do Meio Físico, Biótico e Socioeconômico.

Físicos	Bióticos	Socioeconômicos
<p>A área de inserção do projeto está localizada no complexo que se compreende a porção centro-norte do Quadrilátero Ferrífero, aos pés da estrutura geológica conhecida como Parque Natural do Caraça;</p> <p>O Quadrilátero Ferrífero constitui uma das mais importantes unidades geomorfológicas de Minas Gerais;</p>	<p>O Projeto está localizado no limite noroeste de uma Reserva Particular do Patrimônio Natural: Serra do Caraça;</p> <p>Grande diversidade biológica;</p> <p>Presença de importante remanescentes de Mata Atlântica e de Cerrado, consideradas áreas prioritárias para conservação da natureza mundial;</p>	<p>Economia dos municípios é desenvolvida com base no setor de serviços e mineração;</p> <p>Região tem grande atratividade turística, principalmente ligada ao setor de turismo ecológico e histórico;</p>

### 2.4.1 Aptidões de Uso Futuro

O estabelecimento de aptidões de uso futuro deve avaliar estrategicamente as possíveis abordagens a serem seguidas: reabilitação ambiental pura; finalidade econômica específica; utilização pública; ou mesmo considerar uma situação na qual coexistam duas ou mais dessas abordagens. A identificação de tendências não elimina outras possibilidades de uso da terra, mas apenas apontam perspectivas preliminares. Desta forma para o programa de disposição de rejeitos em Timbopeba existem aptidões para o uso futuro em:

#### Área de Conservação Ambiental

No entorno da região existem áreas preservadas sob a forma de unidades de conservação. Áreas de conservação da natureza promovem a conexão de fragmentos de vegetação já preservados e favorecem a construção de habitats para grupos faunísticos diversos, o que possibilitaria a ocorrência de biodiversidade de flora suficiente para oferecer importantes fontes de propágulo vegetal e posteriores esforços de recuperação de ecossistemas degradados.

Unidades de conservação, somadas às atuais reservas legais da Vale, configuram uma oportunidade de consolidação de corredores ecológicos, imprescindíveis para preservar a biodiversidade e endemismos locais.

#### Turismo

O turismo é uma força econômica de grande importância na atualidade, da qual decorrem fenômenos de consumo, geração de renda e empregos.

As atividades turísticas na região se apoiam na grande beleza paisagística local (matas preservadas, serras, cachoeiras e monumentos naturais). Considerando-se a perspectiva do esgotamento das atividades de mineração, a atividade turística de vertente ecológica pode representar relevante alternativa econômica, assim como as atividades comerciais, de serviços e industriais associadas ao turismo.

## 2.5 Cronograma de Implantação

O cronograma e o sequenciamento das ações de fechamento constituem o principal critério a ser seguido para a realização das etapas necessárias ao fechamento de uma mina.

O fechamento de uma mina não é realizado em apenas uma etapa. O processo de planejamento do fechamento se inicia junto ao da operação e o seu desenvolvimento acompanha o desenvolvimento da mina. Grande parte das atividades são implementadas dado o fim da vida útil do empreendimento minerário. Entretanto, há situações em que as ações de fechamento são aplicáveis antes do término da produção mineral.

Nesse sentido, um dos objetivos do Programa de Fechamento é escalonar no tempo todas as ações identificadas como necessárias ao fechamento da mina em questão. As atividades são sequenciadas conforme a tipologia de ativo e posteriormente, há a consolidação em um cronograma geral. O cronograma geral tem a função de agregar o processo de fechamento das diferentes tipologias de ativos, identificar sinergia entre as obras e controlar o progresso do fechamento da mina como um todo até o seu encerramento.

A figura 4 apresenta a sequência e o encadeamento das ações previstas e necessárias para o fechamento do programa de disposição de rejeitos em Timbopeba.



Figura 4. Sequência das ações previstas e necessárias para o fechamento de mina.

## 3 CONCLUSÃO

Tão importante quanto abrir uma mina, é saber fechá-la ou mais especificamente, realizar o descomissionamento corretamente. O fechamento de mina é um assunto que está começando a ter mais relevância nas discussões recentes, principalmente no Brasil onde poucas minas foram fechadas da forma correta e durante anos, as empresas mineradoras simplesmente abandonavam seus empreendimentos minerários apesar da existência dos graves riscos existentes.

O plano de fechamento de mina deve possuir seu desenvolvimento conceitual já na concepção de um novo projeto de um empreendimento minerário, ou projetos de readequações, além de e envolver as partes interessadas. Deve abranger custos das fases de fechamento e pós-fechamento, gestão das áreas contaminadas, reabilitação de áreas degradadas, novos usos para área minerada e medidas contábeis para assegurar verbas para o fechamento

É de comum conhecimento, que a mineração causa grande impacto nas áreas em que ocorrem a exploração, mas se uma empresa consegue operar e fechar a mina

em conformidade com as melhores práticas, respondendo adequadamente às demandas de proteção ambiental e responsabilidade social, contribuindo para a sustentabilidade, os resultados são extremamente satisfatórios.

Vale Ressaltar, que o planejamento para a etapa de fechamento de mina do programa de disposição de rejeitos em Timbopeba, consiste em um estudo conceitual desenvolvido para a instalação de um projeto brownfield, sendo exclusivamente direcionado para esta unidade operacional. O planejamento apresentado neste trabalho, deverá ser levado em conta durante a fase de fechamento total do site de Timbopeba, pois o estudo desenvolvido será utilizado como base para essa instalação especificamente, servindo assim como uma espécie de direcionamento durante o estudo em nível de maior detalhe.

### REFERÊNCIAS

COPAM - Diretriz Normativa nº 127, de 27 de novembro de 2008: “Estabelece diretrizes e procedimentos para avaliação ambiental da fase de fechamento de mina”.

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração (2013). Guia para o Planejamento do Fechamento de Mina. 1ª edição – Brasília.

Cristal Jr – Universidade Federal da Bahia. 15 de maio de 2020: “Plano de fechamento de mina: Por que é tão importante?”.