



Universidade Agostinho Neto
Faculdade de Engenharia
Departamento de Engenharia de Minas



**Proposta de Implementação de uma plataforma para o sistema
de gestão de riscos de acidentes numa mina a céu aberto**
Caso de Estudo: Sociedade Mineira do Lunhinga

Autora: Jéssica Evânia Domingos Miguel

Nº Estudante: 94174

Orientador: Msc. João Cláudio Cabeia

Trabalho de conclusão de fim de Curso apresentado como requisito complementar para obtenção do grau de licenciatura em Engenharia de Minas pela Faculdade de Engenharia da Universidade Agostinho Neto.

Luanda - 2024

UNIVERSIDADE AGOSTINHO NETO
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

**Proposta de Implementação de uma plataforma para o sistema
de gestão de riscos de acidentes numa mina a céu aberto**
Caso de Estudo: Sociedade mineira do Lunhinga

Autora: Jéssica Evânia Domingos Miguel

Orientador: Msc. João Cláudio Cabeia

Co-orientador: Msc. Francisco Chicangala

Trabalho de conclusão de fim de Curso apresentado como requisito complementar para obtenção do grau de licenciatura em Engenharia de Minas pela Faculdade de Engenharia da Universidade Agostinho Neto.

Luanda - 2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à toda minha família em especial aos meus amados pais Luciano Vicente Miguel e Maria Antónia José Domingos Miguel pelo apoio incondicional nunca mediram esforços para o meu sucesso acadêmico e não só hoje sou Engenheira de Minas eterna gratidão meus pais.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao soberano Deus tive bons e maus momentos na minha vida e Deus sempre esteve presente e nunca me abandonou mesmo com as minhas falhas, agradeço a minha família que estão presente em todos os momentos para me apoiar e graças a eles terminei a minha formação.

Ao meu orientador Msc. João Cláudio Cabeia e Co-orientador Msc. Francisco Chicangala, por total disponibilidade, paciência e atenção, força na elaboração deste trabalho, foi de extrema importância.

A todo corpo docente do curso de Engenharia de Minas da UAN em especial ao chefe do Departamento de Engenharia de Minas Msc. Nlandu Kinkela pelo suporte dado não mediram esforços para que os estudantes terminassem com êxitos a sua formação.

Aos amigos de batalha que me acompanharam nesta longa caminhada na Faculdade de Engenharia da UAN e certamente continuaremos juntos aqui vai o meu muito obrigada.

EPÍGRAFE

“É muito melhor arriscar coisas grandiosas, alcançar triunfos e glórias, mesmo expondo-se a derrota, do que formar fila com os pobres de espírito que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem nessa penumbra cinzenta que não conhece vitória nem derrota.

(Theodore Roosevelt)

RESUMO

Este trabalho propõe a implementação de uma plataforma para o sistema de gestão de riscos de acidentes em minas a céu aberto, utilizando a Sociedade Mineira do Lunhinga como estudo de caso. O objetivo principal é fornecer uma solução eficaz e abrangente para gerir os riscos de acidentes nesse ambiente específico. Para atingir esse objetivo, o estudo caracteriza a Sociedade Mineira do Lunhinga, descreve as principais características e funcionalidades de uma plataforma de gestão de riscos, e avalia os benefícios e limitações da utilização da plataforma no contexto da gestão de segurança em minas a céu aberto. Na componente prática, foi desenvolvida uma plataforma com suporte de um programador, apresentando requisitos funcionais e não funcionais, diagramas de caso de uso e modelo de entidade relacionamento.

A finalidade é propor uma solução tecnológica eficaz e abrangente que contribua para a melhoria da segurança e prevenção de acidentes em ambientes mineradores. A plataforma proposta consiste em um sistema integrado que abrange desde a identificação e avaliação de riscos até a implementação e monitoramento de medidas preventivas. Além disso, inclui ferramentas avançadas de análise de dados e relatórios automatizados para auxiliar na tomada de decisões baseadas em evidências. A abordagem prática envolveu o desenvolvimento de módulos específicos para gestão de riscos, treinamento de usuários e integração com sistemas existentes.

Palavras-chave: Gestão de riscos, acidentes em minas a céu aberto, plataforma de segurança, Sociedade Mineira do Lunhinga.

ABSTRACT

This work proposes the implementation of a platform for the accident risk management system in open pit mines, using Sociedade Mineira do Lunhinga as a case study. The main objective is to provide an effective and comprehensive solution to manage accident risks in this specific environment. To achieve this objective, the study characterizes Sociedade Mineira do Lunhinga, describes the main characteristics and functionalities of a risk management platform, and evaluates the benefits and limitations of using the platform in the context of safety management in open pit mines. In the practical component, a platform was developed with the support of a programmer, presenting functional and non-functional requirements, use case diagrams and an entity relationship model.

The purpose is to propose an effective and comprehensive technological solution that contributes to improving safety and preventing accidents in mining environments. The proposed platform consists of an integrated system that ranges from risk identification and assessment to the implementation and monitoring of preventive measures. Additionally, it includes advanced data analysis tools and automated reports to assist in making evidence-based decisions. The practical approach involved the development of specific modules for risk management, user training and integration with existing systems.

Keywords: risk management, open-pit mine accidents, safety platform, Lunhinga Mining Society.

INDÍCE

DEDICATÓRIA.....	I
AGRADECIMENTOS.....	II
EPÍGRAFE.....	III
RESUMO	IV
ABSTRACT.....	V
Lista de Figuras e tabelas	V
CAPÍTULO 1 – GENERALIDADES.....	VI
1.1 Introdução	1
1.2 Estrutura do trabalho.....	2
1.3 Situação Problemática	2
1.3.1 Problema.....	3
1.4 Hipótese	3
1.5 Objectivos	3
Geral	3
Específicos.....	3
1.6 Justificativa.....	3
1.7 Objecto de Estudo	4
1.8 Metodologia de Pesquisa	4
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
2.1 Definição de termos e conceitos	8
2.2 Operações de Lavra.....	9
2.2.1 Escavação ou desmonte	9

2.2.2 Carregamento	10
2.2.3 Transporte.....	11
2.2.4 Descarga e o espalhamento	12
2.3 Descrição dos principais acidentes na mina decorrentes das operações mineiras	12
2.3.1 Metodologias de prevenção e mitigação de acidentes na mina	17
2.4 Principais sistemas de gestão de riscos de acidentes na mina	18
2.5 Gestão de prevenção de acidentes de trabalho na mina.....	19
2.6 Descrição e escolha de uma plataforma para o sistema de gestão de riscos de acidentes na mina	21
CAPÍTULO 3 – ESTUDO DE CASO	22
3.1 Localização da concessão	23
3.2 Vias de acessos	24
3.3 Clima flora e fauna regional	24
3.4 Infraestruturas da Mina	25
3.5 Situação hidrogeológica na Mina de Camatchia.....	27
3.6 Operações na mina de Camatchia.....	31
3.6.1 Ritmo de exploração e vida útil da mina.....	32
3.6.2 Desenvolvimento	32
3.6.3 Métodos de Desmonte.....	32
3.6.4 Principais equipamentos	34
CAPÍTULO 4 – ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	36
4.1 Descrição Geral da Plataforma.....	37
4.2 Requisitos Funcionais	37
4.3 Requisitos Não Funcionais.....	38
4.4 Diagrama de caso de uso.....	38

4.5 Descrição dos Elementos	40
4.5.1 Cadastrar Risco	40
4.5.2 Consultar Risco.....	41
4.5.3 Editar Risco	42
4.5.4 Apagar Risco.....	43
4.5.5 Cadastrar Usuários.....	44
4.5.6 Iniciar Sessão do Usuário	45
CONCLUSÕES.....	48
RECOMENDAÇÕES.....	49
Referências Bibliográficas.....	50

Lista de Figuras e tabelas

Figura 2. 1:Fluxo no processo de carregamento	11
Figura 2. 2:Fluxo do processo de carregamento e transporte	12
Figura 2. 3:Uso de bafômetro	13
Figura 2. 4:Explosões de gases inflamáveis.....	14
Figura 2. 5:Quedas de rochas e deslizamentos de terra	15
Figura 2. 6:Acidentes com equipamentos pesados	16
Figura 2. 7:Incêndios e explosões em instalações	17
Figura 3. 1:Mapa de enquadramento geográfico da Concessão. 24	
Figura 3. 2:Arborização em uma parte da concessão	25
Figura 3. 3:Processo mineralúrgico desde o Pré-tratamento até DMS..	26
Figura 3. 4:Grupo geradores.....	27
Figura 3. 5:Lençóis de água na mina.	30
Figura 3. 6:Explosivos usados na Mina do Lunhinga	33
Figura 3. 7:Principais equipamentos usados na lavra da mina do Lunhinga.....	35
Figura 4. 1:Diagrama de caso de uso 39	
Figura 4. 2:Cadastro do Risco	40
Figura 4. 3:Consulta do risco.....	41
Figura 4. 4:Edição de risco	42
Figura 4. 5:Eliminação do risco	43
Figura 4. 6:Cadastro de usuários.....	44
Figura 4. 7:Início da sessão na plataforma	45
Figura 4. 8:Modelo entidade relacionamento.....	46
Tabela 3. 1:Coordenadas geográficas da Concessão.....	23

CAPÍTULO 1 – GENERALIDADES

1.1 Introdução

Nos últimos anos, a indústria de mineração tem enfrentado desafios significativos em relação à gestão de riscos de acidentes. A exposição a perigos inerentes ao ambiente de mina, como deslizamentos de terra, explosões, colapsos estruturais e liberação de gases tóxicos, requer uma abordagem rigorosa e sistemática para garantir a segurança dos trabalhadores e a sustentabilidade das operações. Para enfrentar esses desafios, a implementação de uma plataforma eficiente para o sistema de gestão de riscos de acidentes torna-se essencial.

Esta pesquisa se concentra na elaboração e implementação de uma plataforma que visa auxiliar na gestão de riscos de acidentes em minas. A plataforma proposta fornecerá um conjunto abrangente de ferramentas e recursos para identificação, avaliação, mitigação e monitoramento contínuo dos riscos associados às atividades de mineração. Além disso, ela permitirá a colaboração entre diferentes partes interessadas, como gerentes de mina, engenheiros de segurança, técnicos de campo e trabalhadores, facilitando a comunicação efetiva e a tomada de decisões baseada em dados.

Para embasar teoricamente o desenvolvimento dessa plataforma, foram consultados diversos estudos e pesquisas relacionados à gestão de riscos de acidentes na indústria de mineração. A literatura existente destaca a importância de uma abordagem proativa para a identificação e avaliação dos riscos, bem como a implementação de estratégias eficazes de mitigação e controle. Além disso, destaca-se a necessidade de utilizar tecnologias modernas, como sistemas de informação geográfica (SIG), webAPI, banco de dados relacional, signalAr, aplicativo mobile, para melhorar a eficiência e a eficácia da gestão de riscos. Internet das Coisas (IoT) e análise de dados, para melhorar a eficiência e a eficácia da gestão de riscos.

1.2 Estrutura do trabalho

O trabalho está estruturado em quatro capítulos:

No **primeiro capítulo** inicialmente apresentam-se os motivos, as razões que ensejaram a pesquisa bem como a relevância técnica, científica, social e pessoal da pesquisa (do tema em si) e os resultados (objectivos) que se esperam alcançar da mesma.

No **segundo capítulo** fala-se da fundamentação teórica do tema em questão, aborda-se os conceitos gerais dos equipamentos de terraplanagem usados nas minas a céu aberto e são abordados também a descrição dos principais acidentes na mina decorrentes das operações mineiras bem como a descrição e escolha de uma plataforma para o sistema de gestão de riscos de acidentes na mina

No **terceiro capítulo** faz-se um estudo de caso, temos numa forma genérica as características geográficas, geológicas da mina. Nas características geográficas e geológicas trata-se de alguns factores, como a localização, relevo, condições climáticas, hidrologia, recursos minerais e energéticos. São apresentados de forma resumida os principais parâmetros da mina, a tecnologia de exploração empregue na mesma e a descrição da metodologia aplicada para a prevenção e mitigação de acidentes na mina

No **capítulo quatro** é feita a aplicação da fundamentação teórica na resolução da questão da implementação de uma plataforma para o sistema de gestão de riscos de acidentes na mina, e finalmente são apresentados os resultados e as devidas conclusões e recomendações.

1.3 Situação Problemática

Os acidentes em minas representam um grande risco para a segurança dos trabalhadores, além de causarem prejuízos financeiros significativos para as empresas mineradoras. A gestão eficaz de riscos de acidentes é essencial para garantir a segurança dos trabalhadores e a sustentabilidade das operações de mineração. No entanto, muitas empresas utilizam sistemas de gestão de riscos de acidentes antiquados que podem comprometer a eficácia da gestão de segurança.

1.3.1 Problema

Como implementar uma plataforma de gestão de riscos de acidentes em uma mina de forma eficaz e garantir a participação ativa dos trabalhadores e gestores da empresa?

1.4 Hipótese

Se implementar a plataforma de gestão de riscos de acidentes em minas pode melhorar significativamente a eficácia da gestão de segurança, fornecendo informações mais precisas e em tempo real sobre os riscos associados às actividades mineradoras

1.5 Objectivos

- **Geral**

Propor uma plataforma para o sistema de gestão de riscos de acidentes na Sociedade mineira do Lunhinga

- **Específicos**

- Efectuar a caracterização geral da Sociedade mineira do Lunhinga
- Descrever as principais características e funcionalidades de uma plataforma de gestão de riscos de acidentes em minas a céu aberto.
- Avaliar os benefícios e limitações da utilização da plataforma no contexto da gestão de segurança em minas a céu aberto.

1.6 Justificativa

A mineração é uma atividade econômica que apresenta riscos inerentes, tanto para o meio ambiente quanto para a saúde e segurança dos trabalhadores. Por isso, um sistema de gestão de riscos é uma necessidade latente na indústria mineradora.

Além disso, a implementação de uma plataforma para gestão de riscos de acidentes em minas pode trazer benefícios significativos para a empresa, como a redução de custos com indenizações e perda de produtividade, bem como melhorias na gestão de recursos, prevenção de acidentes e tomada de decisões mais acertivas.

1.7 Objecto de Estudo

Sistema de gestão de riscos e acidentes na sociedade mineira do Lunhinga

1.8 Limitação de estudo

A linha de pesquisa visa implementar uma plataforma para o sistema de gestão de riscos de acidentes numa mina a céu aberto tendo como caso de estudo a sociedade mineira do Lunhinga

1.9 Metodologia de Pesquisa

A Metodologia é a explicação detalhada de toda ação a desenvolver durante o trabalho de pesquisa. Oliveira [2002] contribui, afirmando que método é um conjunto de regras ou critérios que servem de referência no processo de busca da explicação ou da elaboração de previsões, em relação a questões ou problemas específicos.

Desta forma o método é o conjunto de procedimentos e /ou caminho com o qual se atingem os objectivos ou explicações de um determinado problema

De acordo com, William Costa Rodrigues (2007), os tipos de pesquisa, classificados segundo:

- ❖ A área da ciência
- ❖ A natureza
- ❖ Aos objetivos
- ❖ Aos procedimentos
- ❖ Ao objeto
- ❖ A forma de abordagem

Classificação quanto:

À área da ciência

- ❖ • P e s q u i s a t e ó r i c a

❖ • Pesquisa metodológica

❖ • Pesquisa empírica

❖ • Pesquisa prática

À natureza

❖ Trabalho científico original

❖ Resumo de assunto

Aos objetivos

❖ Pesquisa exploratória

❖ Pesquisa descritiva

❖ Pesquisa explicativa

Aos procedimentos

❖ Pesquisa de campo

❖ Pesquisa de fonte de papel

Ao objeto

❖ Pesquisa bibliográfica

❖ Pesquisa de laboratório

❖ Pesquisa de campo

À forma de abordagem

❖ Pesquisa quantitativa

❖ Pesquisa qualitativa

No presente trabalho utilizaremos procedimentos técnicos bibliográficos, pesquisa hipotético-dedutiva. Pesquisa bibliográfica e visita técnica a nossa área de estudo (observações pessoais e colheita de dados) .

Revisão bibliográfica: pesquisa de artigos acadêmicos, livros e outras fontes de informação relevantes sobre gestão de riscos de acidentes em minas, plataformas de gestão de segurança e tecnologias aplicadas em mineração;

- Estudo de caso: investigação prática da implementação de uma plataforma de gestão de riscos de acidentes em uma mina específica, incluindo entrevistas com gestores e trabalhadores da empresa, observação direta das atividades de mineração e análise da utilização da plataforma pelos usuários;
- **Análise de dados:** análise das informações coletadas na revisão bibliográfica e no estudo de caso, incluindo comparação de resultados, identificação de tendências e elaboração de recomendações para a implementação de plataformas de gestão de riscos de acidentes em outras minas.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Definição de termos e conceitos

Jazida: É a ocorrência geológica de minerais em formas relativamente concentradas.

Jazigo: Concentração mineral passível de ser aproveitada economicamente. Este conceito dado a sua conotação económica pode variar no tempo, ou seja, algo que é económico hoje pode não sê-lo no futuro.

Mineral: É um elemento ou composto químico, sólido, homogêneo e cristalino, que se formou através de processos inorgânicos naturais.

Mina: Área onde se explora um bem mineral. Quando a jazida passa a ser aproveitada, ela se transforma em mina podendo ser a céu aberto ou subterrânea.

Mineração: É uma actividade industrial cujo principal objectivo é a extracção das substâncias mineiras localizadas em depósitos naturais e o transporte até a central de tratamento.

Minério: Toda substância ou agregado mineral, rocha ou solo que pode ser aproveitado tecnicamente pois ela contém o mineral-minério (substancia mineral útil de interesse económico)

Estéril: Rocha ou solo que ocorre dentro do corpo do minério ou externamente ao mesmo, sem valor económico, que é extraído na operação de lavra para aproveitamento do minério.

Exploração à Céu aberto: Escavações realizadas para exploração do minério em contacto com o ar.

Plataforma: é um sistema ou conjunto de tecnologias que permite a criação, o desenvolvimento e a execução de aplicativos, serviços e produtos.

Acidentes: é qualquer evento súbito e não planejado, que cause ou possa vir a causar ferimento a pessoas ou danos materiais ou ao meio ambiente.

Dimensionamento: Corresponde ao processo para selecção e compatibilização de equipamentos de escavação, carga e transporte dentro de uma mina segundo uma estratégia previamente estabelecida

2.2 Operações de Lavra

As operações em minas a céu aberto abrangem principalmente as operações básicas de desmonte, carregamento, transporte e descarga. O processo de lavra tem início com a preparação da área a ser lavrada, chamada frente de lavra. Após o material ser desmontado por meio de explosivos ou mecanicamente, os equipamentos de carga são deslocados até as frentes de lavra para que possam ser carregados e em seguida transportarem o material podendo ser minério ou estéril, carregando-os até um determinado ponto de descarga o qual pode ser a central de beneficiamento ou aterro de estéril QUEVEDO, [2009].

Examinando-se execução de quaisquer serviços de terraplanagem, pode-se distinguir quatro operações básicas de lavra que ocorrem em sequência ou as vezes com simultaneidade:

Escavação

Carga do material escavado

Transporte

Descarga e espalhamento

Essas operações podem ser feitas pela mesma máquina ou por equipamentos diversos.

2.2.1 Escavação ou desmonte

A escavação ou desmonte é o processo utilizado para romper a compacidade do solo ou rocha, por meio de ferramentas e processos convenientes, tornando possível a sua remoção.

Uma escavação ou desmonte pode ser realizado com mais de uma finalidade, podendo ser para obtenção de bens minerais e a abertura de espaços para fins diversos. Escavações para fins de mineração normalmente envolvem grandes

volumes de material, tanto estéril quanto minério, e se processam por períodos de tempo muito longos FERREIRA, [2013]. No momento da seleção do método de escavação requerem-se estudos prévios sobre a natureza, qualidade e quantidade do material a ser removido, seu arranjo espacial, seu comportamento quando removido, o que por sua vez é função de fatores geológico-geotécnicos.

Dependendo ainda das finalidades da escavação, dos prazos previstos, da existência de água, da distância aos locais de acomodação de estéreis, bem como dos equipamentos de lavra, transporte e apoio disponíveis FERREIRA, [2013]. Pode-se ainda dizer que desmonte é a operação que visa arrancar os blocos de rocha de sua posição natural, fragmentando-os convenientemente, recorrendo-se em geral o emprego de explosivos.

O desmonte de rochas pode ser feito de três formas:

1-Desmonte hidráulico;

2-Desmonte mecânico;

3-Desmonte com explosivos

2.2.2 Carregamento

O processo de carregamento consiste no enchimento da caçamba do material desagregado, ou seja, que já sofreu o processo de desmonte, Segundo RICARDO e CATALANI, [2007]. Esse processo de carregamento deve ser efetuado pela lateral ou traseira do equipamento de transporte, sendo carregado um equipamento por vez,

Os equipamentos mais utilizados para as operações de carregamento são: escavadeiras a cabo, escavadeiras hidráulicas, retroescavadeiras hidráulicas, carregadeiras sobre pneus ou esteira, moto scrapers, dragas BORGES, [2013].

De acordo com Silva [2011]: o processo de carregamento de alguns equipamentos funciona da seguinte maneira. Conforme demonstra na figura 1.

1-Carregadeiras: é constituído de quatro movimentos: deslocamento para frente e carregamento da caçamba, deslocamento para trás, deslocamento para frente até o veículo e descarga, e por último o retorno vazio.

2-escavadeiras: enchimento da caçamba, giro carregado, descarga no equipamento de transporte

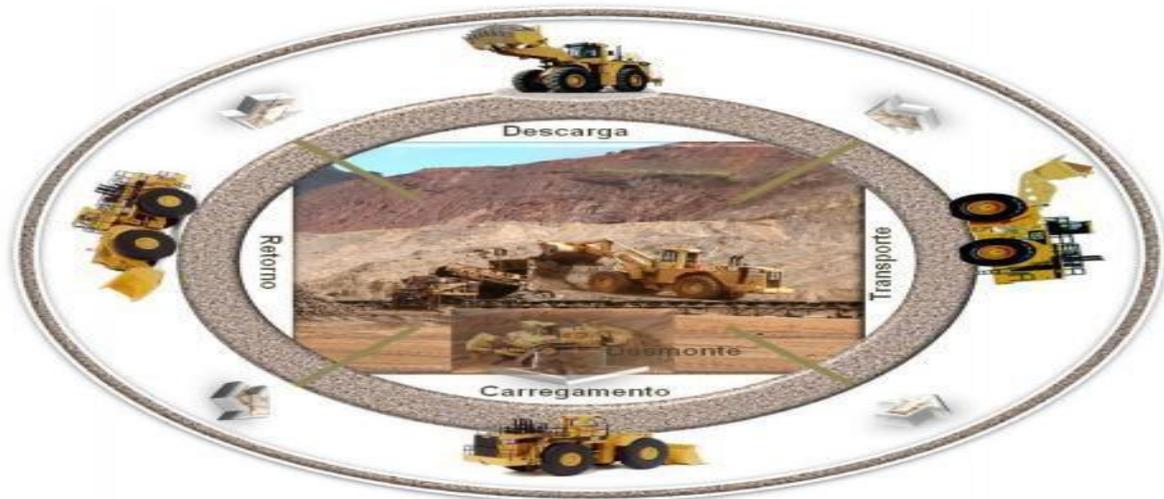


Figura 2. 1:Fluxo no processo de carregamento

Fonte: Lopes (2010)

2.2.3 Transporte

Na mineração existem vários métodos e sistemas de transporte de material, para Borges [2013], os mais comuns são o transporte por caminhões e transporte por correias. Já para Lopes [2010], o método de transporte por caminhões é o mais utilizado em todo o mundo.

Assim, a operação de transporte consiste em transportar o material extraído da jazida, que normalmente é executado por meio de perfuração e desmonte por explosivos ou mecanicamente (tratores, escavadeiras ou carregadeiras, dependendo da resistência do material), o qual se direciona até diferentes pontos de descarga (britador, pilha pulmão, pilha de estéril). A figura 2 caracteriza o movimento de caminhões nas operações de carregamento e transporte.

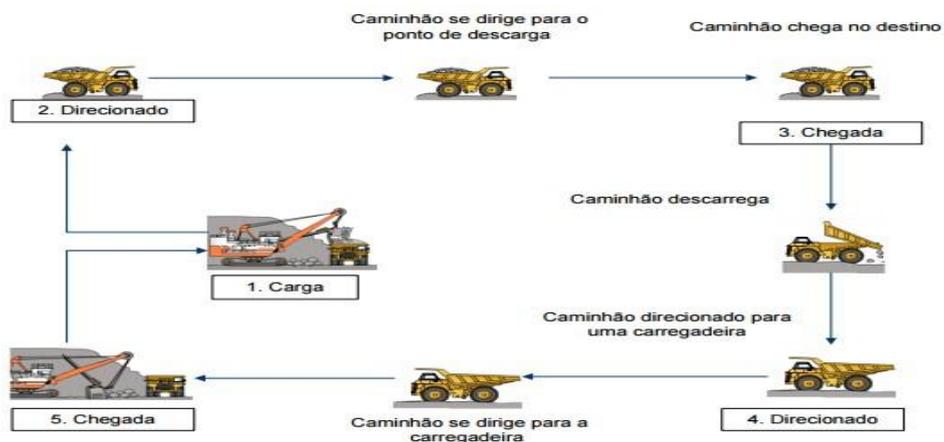


Figura 2. 2: Fluxo do processo de carregamento e transporte

Fonte: Quevedo [2009]

2.2.4 Descarga e o espalhamento

Constituem a execução do aterro propriamente dito. Quando as especificações determinam a obtenção de certo grau de compactação no aterro haverá, ainda a operação final de adensamento do solo até os índices mínimos estabelecidos.

2.3 Descrição dos principais acidentes na mina decorrentes das operações mineiras

Os acidentes de trabalho são considerados graves problemas econômicos e sociais, além de uma questão importante de saúde pública que preocupa os órgãos de saúde, principalmente pela incidência cada vez maior no mundo, gerando custos financeiros e sociais para os empregados e para o Estado. Estima-se que 4% do Produto Interno Bruto (PIB) seja perdido por doenças e agravos ocupacionais, o que pode aumentar para 10% quando se trata de países em desenvolvimento (ILO, 2003; GALDINO et al, 2012).

Para a Organização Internacional do Trabalho (OIT, 2013), aproximadamente 2,3 milhões de trabalhadores morrem por ano em decorrência de acidentes de trabalho e cerca de 860 mil pessoas sofrem algum tipo de ferimento no trabalho todos os dias. De acordo com a OIT, o Brasil é um país que contribui significativamente para essa estatística, com mais de 700 mil acidentes e adoecimentos relacionados ao trabalho por ano.

2.3 Uso de Bafômetro

O uso de bafômetros em locais de mineração é uma prática importante e necessária para garantir a segurança dos trabalhadores e prevenir acidentes. Os bafômetros são dispositivos que medem o teor de álcool no ar expirado e ajudam a detectar a presença de álcool no organismo.

Em um ambiente de mineração, onde as condições de trabalho podem ser desafiadoras e perigosas, é crucial que todos os trabalhadores estejam conscientes e alertas. O consumo de álcool pode afectar a coordenação motora, o julgamento e a tomada de decisões, comprometendo significativamente a segurança dos trabalhadores e aumentando o risco de acidentes. Portanto, a implementação de testes de bafômetros em locais de mineração é uma medida preventiva fundamental. Os trabalhadores devem ser submetidos a testes regulares antes de iniciar o trabalho e também podem ser solicitados a realizar testes aleatórios durante o expediente.

Além disso, é importante que as empresas de mineração promovam uma cultura de segurança e conscientização sobre os perigos do consumo de álcool. Programas de educação e treinamento devem destacar os riscos associados ao álcool e reforçar a importância de se manterem sóbrios durante o trabalho. A utilização de bafômetros em locais de mineração contribui para criar um ambiente de trabalho mais seguro, onde todos os trabalhadores possam desempenhar suas funções com mais eficiência e protecção. Afinal, a segurança é fundamental quando se trata de actividades em ambientes industriais tão desafiadores e potencialmente arriscados como as minas. A mineração é uma actividade perigosa, que exige a máxima atenção e concentração dos funcionários. Por isso, é importante que as empresas do sector tenham políticas rigorosas de segurança. A testagem de álcool é uma ferramenta importante para a segurança no trabalho.



Figura 2. 3: Bafômetro

Fonte: Internet

- Explosões de gases inflamáveis: A acumulação de gases inflamáveis, como metano e poeira de carvão, nas minas pode levar a explosões devastadoras. Esses acidentes podem ser desencadeados por fontes de ignição, como faíscas elétricas, falhas de equipamentos ou detonações inadequadas. O desastre ocorrido na mina de Upper Big Branch, nos Estados Unidos, em 2010, é um exemplo trágico, onde 29 mineiros perderam suas vidas devido a uma explosão de metano (Cecala et al., 2013).



Figura 2. 4: Explosões de gases inflamáveis

Fonte: Internet

- Quedas de rochas e deslizamentos de terra: Condições geológicas instáveis podem resultar em quedas de rochas e deslizamentos de terra nas minas, colocando em risco a vida dos trabalhadores. A falta de avaliações adequadas da estabilidade do maciço rochoso, práticas de escavação inadequadas e alterações repentinas nas condições geológicas podem desencadear esses acidentes. Um exemplo notável é o acidente ocorrido na mina de Crandall Canyon, nos Estados Unidos, em 2007, onde seis mineiros

e três equipes de resgate morreram devido a um deslizamento de terra (NIOSH, 2008)



Figura 2. 5: Quedas de rochas e deslizamentos de terra

Fonte: Internet

- Acidentes com equipamentos pesados: A operação de equipamentos pesados, como escavadeiras, caminhões basculantes e perfuratrizes, pode levar a acidentes graves. Colisões entre equipamentos, tombamentos de veículos e falhas mecânicas são algumas das principais causas desses acidentes. Um exemplo notável é o acidente ocorrido na mina de Grasberg, na Indonésia, em 2013, onde um deslizamento de terra causou o tombamento de um veículo, resultando em várias fatalidades (Intan et al., 2015).



Figura 2. 6:Acidentes com equipamentos pesados

Fonte: Internet

- Exposição a substâncias tóxicas: Algumas operações de mineração podem envolver a exposição a substâncias tóxicas, como produtos químicos utilizados no processamento de minérios. Vazamentos, derramamentos ou inalação dessas substâncias podem causar danos graves à saúde dos trabalhadores. Um exemplo notável é o acidente na mina de Aznalcóllar, na Espanha, em 1998, onde ocorreu um vazamento de rejeitos contendo metais pesados, poluindo rios e ecossistemas (De Miguel et al., 2007)
- Incêndios e explosões em instalações: Além dos acidentes subterrâneos, instalações e estruturas na superfície da mina também estão sujeitas a acidentes, como incêndios e explosões. Vazamentos de gases inflamáveis, falhas elétricas, combustíveis armazenados inadequadamente e práticas inadequadas de manutenção são algumas das causas desses acidentes. Um exemplo notável é o incêndio na mina de Wankie, no Zimbábue, em 1972, onde um incêndio em uma correia transportadora resultou em múltiplas fatalidades (Lupankwa et al., 2000).



Figura 2. 7:Incêndios e explosões em instalações

Fonte: Internet

2.3.1 Metodologias de prevenção e mitigação de acidentes na mina

Existem várias metodologias e estratégias utilizadas para prevenir e mitigar acidentes na mina. A seguir, temos algumas das principais metodologias de prevenção e mitigação de acidentes na indústria de mineração:

- **Análise de Risco:** A análise de risco é uma metodologia essencial para identificar e avaliar os perigos e riscos associados às atividades de mineração. Ela envolve a identificação de potenciais fontes de perigo, a avaliação da probabilidade de ocorrência de acidentes e a análise das consequências. A análise de risco permite priorizar as áreas de maior risco e desenvolver medidas de controle apropriadas.
- **Procedimentos Operacionais Padrão (POP):** Os POPs são instruções detalhadas que descrevem os passos seguros para a realização de tarefas específicas na mina. Eles estabelecem práticas seguras de trabalho e definem os requisitos de segurança para cada tarefa. Os POPs devem ser desenvolvidos com base em avaliações de risco e devem ser amplamente comunicados e treinados entre os trabalhadores.
- **Treinamento e Conscientização:** A capacitação e a conscientização dos trabalhadores desempenham um papel crucial na prevenção de acidentes. Os funcionários devem ser treinados regularmente em procedimentos de segurança, uso adequado de equipamentos, identificação de perigos e

medidas de emergência. Além disso, programas de conscientização sobre segurança devem ser implementados para promover uma cultura de segurança e incentivar a participação ativa dos trabalhadores na identificação e mitigação de riscos.

- **Inspeções e Auditorias de Segurança:** Inspeções regulares e auditorias de segurança são realizadas para identificar potenciais deficiências e não conformidades nos sistemas de segurança. Elas envolvem a revisão de instalações, equipamentos, processos e práticas de trabalho para garantir o cumprimento das normas de segurança. As inspeções e auditorias são importantes para identificar áreas que requerem melhorias e implementar medidas corretivas.
- **Uso de Tecnologia e Inovação:** O uso de tecnologia e inovação desempenha um papel cada vez mais importante na prevenção de acidentes. Sistemas de monitoramento remoto, sensores de segurança, sistemas de alerta precoce, análise de dados em tempo real e simulações virtuais são algumas das tecnologias que podem ser empregadas para melhorar a segurança na mina. Essas ferramentas fornecem informações valiosas sobre os riscos em tempo real e permitem uma resposta rápida a situações de emergência.

2.4 Principais sistemas de gestão de riscos de acidentes na mina

De acordo com Guilherme, A. C., & Guimarães, F. S. (2013) os principais sistemas de gestão de riscos na mina:

- **Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional (SGSSO):** O SGSSO é um sistema abrangente que visa identificar, avaliar e controlar os riscos de segurança e saúde ocupacional na mina. Ele envolve a implementação de políticas, procedimentos e práticas de segurança para garantir um ambiente de trabalho seguro. Autores como Antonio C. Guilherme e Feliciano de Sá Guimarães contribuíram com pesquisas sobre sistemas de gestão de segurança e saúde na mineração.
- **Análise Preliminar de Risco (APR):** A APR é uma metodologia utilizada para identificar e avaliar os riscos potenciais antes de iniciar uma atividade na mina. Autores como Carlos Alberto Severiano Alves e Renato Soares de

Almeida têm abordado a importância da APR na identificação e mitigação de riscos de acidentes na mineração.

- Sistema de Gestão de Segurança de Processos (SGSP): O SGSP é um sistema focado na identificação e controle de riscos específicos associados aos processos de mineração, como manuseio de explosivos, transporte de minério, operação de equipamentos pesados e processamento mineral. Autores como Michael Charles Trevorrow e João Felipe C.L. Costa destacam a importância do SGSP na redução de acidentes em operações de mineração.
- Sistema de Gestão Integrada (SGI): O SGI é um sistema que integra a gestão de riscos de segurança com outras dimensões, como meio ambiente e qualidade. Autores como Tim Neale e David Walters têm explorado a abordagem integrada do SGI na gestão de riscos de acidentes na mineração.
- Sistema de Gestão de Segurança Comportamental (SGSC): O SGSC concentra-se no comportamento humano e na cultura de segurança na mina. Autores como E. Scott Geller e J. M. Bernardo abordam a importância de promover comportamentos seguros e uma cultura de segurança positiva para prevenir acidentes na mineração.

2.5 Gestão de prevenção de acidentes de trabalho na mina

A gestão da prevenção de acidentes de trabalho na mina é uma área de extrema importância para garantir a segurança e saúde dos trabalhadores envolvidos nas operações de mineração. A implementação de um sistema eficaz de gestão de prevenção de acidentes requer uma abordagem abrangente e estruturada. A seguir, temos algumas práticas e estratégias-chave nessa área:

- Identificação de riscos: A primeira etapa na gestão de prevenção de acidentes é identificar e avaliar os riscos presentes na mina. Isso pode ser feito por meio de análise de risco, inspeções de segurança e participação ativa dos trabalhadores. É essencial identificar os perigos potenciais e compreender sua gravidade e probabilidade de ocorrência.

- Avaliação de riscos: Uma vez que os riscos são identificados, é necessário avaliar sua magnitude e impacto. Isso envolve a análise dos riscos em termos de probabilidade de ocorrência e gravidade das consequências. A avaliação de riscos permite priorizar as medidas de prevenção e mitigação de acidentes de acordo com a sua criticidade.
- Implementação de medidas de controle: Com base na avaliação de riscos, devem ser implementadas medidas de controle adequadas. Isso pode incluir a adoção de procedimentos operacionais padronizados, uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), instalação de barreiras de segurança, treinamento adequado dos trabalhadores, entre outras medidas. O objetivo é reduzir os riscos a um nível aceitável e garantir um ambiente de trabalho seguro.
- Treinamento e conscientização: A capacitação dos trabalhadores desempenha um papel fundamental na prevenção de acidentes. É essencial fornecer treinamento adequado sobre os riscos específicos da mina, procedimentos de segurança, uso de equipamentos e práticas de trabalho seguras. Além disso, programas de conscientização devem ser implementados para promover uma cultura de segurança e incentivar a participação ativa dos trabalhadores na prevenção de acidentes.
- Monitoramento e revisão contínua: A gestão de prevenção de acidentes requer um monitoramento regular das atividades e resultados alcançados. Isso envolve a coleta de dados sobre incidentes e acidentes, análise de tendências e revisão das medidas de controle implementadas. A revisão contínua permite identificar áreas que requerem melhorias e tomar ações corretivas adequadas

2.6 Descrição e escolha de uma plataforma para o sistema de gestão de riscos de acidentes na mina

Existem várias opções de plataformas disponíveis no mercado que atendem a esses requisitos. Algumas delas incluem:

- Plataformas de software de gestão de segurança e saúde ocupacional (SSO): Essas plataformas são projetadas especificamente para gerenciar riscos de segurança e saúde ocupacional. Elas oferecem recursos para coleta e análise de dados, criação de relatórios e monitoramento de indicadores-chave de desempenho. Exemplos de plataformas populares incluem Intellex, Enablon e Cority.
- Plataformas de gestão integrada: Essas plataformas abrangem não apenas a gestão de riscos de acidentes, mas também outros aspectos relacionados, como qualidade e meio ambiente. Elas fornecem uma visão holística das operações e permitem a integração de diferentes sistemas de gestão. Alguns exemplos de plataformas de gestão integrada incluem o SAP EHS (Environment, Health, and Safety) e o IBM Maximo.
- Plataformas de análise de dados: Essas plataformas são projetadas para coletar e analisar grandes volumes de dados de diferentes fontes. Elas podem ajudar na identificação de padrões, tendências e fatores de risco em tempo real. Exemplos incluem o Tableau, Power BI e Qlik.

Ao escolher uma plataforma, é importante realizar uma avaliação criteriosa, considerando as necessidades específicas da mina, a compatibilidade com os sistemas existentes, a facilidade de integração e a capacidade de personalização. Além disso, é fundamental garantir que a plataforma atenda aos requisitos de segurança e privacidade de dados.

CAPÍTULO 3 – ESTUDO DE CASO

3.1 Localização da concessão

A área de concessão do Projecto Lunhinga (antiga S.M.C.C-LUÓ) está localizada no nordeste de Angola, na Província da Lunda-Norte nas proximidades da vila-comuna de Capaia, no Município de Lucapa. A concessão conta com uma área de 229 km², e localiza-se a Sul de Lucapa a 75 km de distância, e aproximadamente 80 km, a norte da cidade de Saurimo.

É cortada no sentido Norte-Sul, pela estrada Nacional EN-230 que liga as cidades de Lucapa e Saurimo, que se dispõe aproximadamente equidistantes da concessão, e cerca de 1350km de Luanda.

Tabela 3. 1:Coordenadas geográficas da Concessão

Fonte: Departamento de Geologia de produção-Projecto Lunhinga.

Vértices	Longitude	Latitude
A	20° 23' 36'' E	8° 51' 50'' S
B	20° 33' 33'' E	8° 51' 50'' S
C	20° 33' 33'' E	9° 00' 00'' S
D	20° 23' 36'' E	9° 00' 00'' S

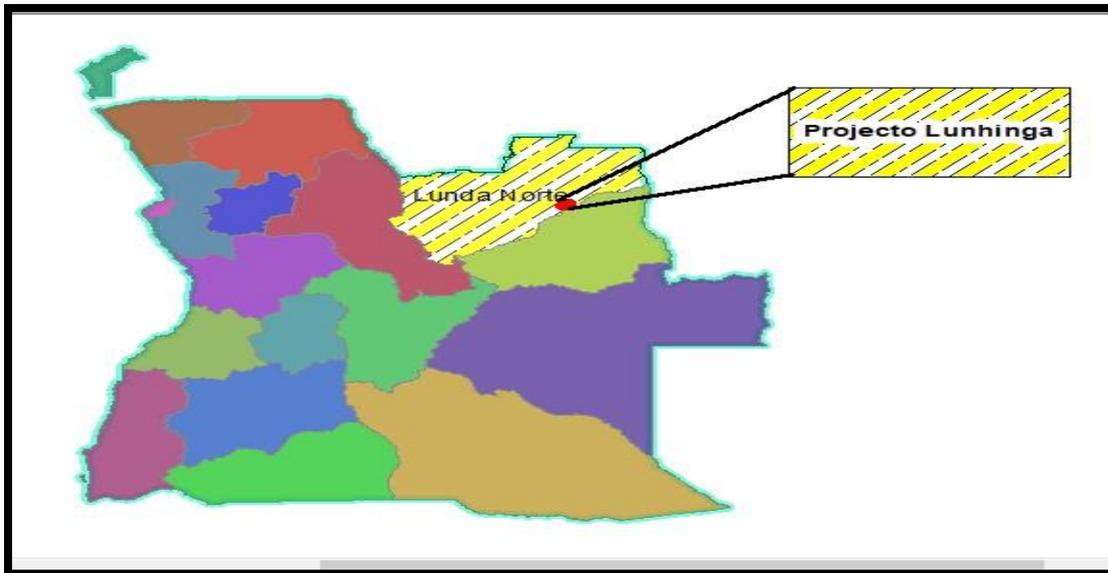


Figura 3. 1:Mapa de enquadramento geográfico da Concessão.

Fonte: Projecto Lunhinga.

3.2 Vias de acessos

O acesso à área da concessão do projecto Lunhinga é feito por via terrestre tanto pela via principal que liga os municípios de Saurimo á Lucapa, bem como por vias secundárias que ligam aldeias, comunas e pelas inúmeras picadas abertas durante a fase de instalação dos objectos da mina.

3.3 Clima flora e fauna regional

O clima regional das Lundas é tropical húmido com duas estações bem definidas a estação seca do mês de Maio até Agosto e a estação chuvosa a partir do meio de setembro até a aproximadamente na metade do mês de Maio. Existe grande regularidade na variação das condições climáticas quer com altitude, quer com a latitude.

A temperatura média anual é de 22 °C, a temperatura máxima é igual a 35°C e a mínima é de 12°C. A humidade reactiva oscila entre 65 a 85%, onde o regime de chuvas carregado, por vezes é torrencial. A média anual das chuvas é de 1400 mm com a máxima de 1500 mm e mínima de 1200 mm.

O solo desfeito pelo volume de quedas pluviais mostra uma savana pouco acolhedora, salvo em algumas modestas manchas, onde se verifica cobertura de vegetação rasteira. A diversidade da fauna compreende mamíferos de grande porte, aves diversas, reptéis, batráquios, peixes e numeroso grupo de vertebrados (felídeos, antopolos, coleópteros, fauna do solo, etc)



Figura 3. 2:Arborização em uma parte da concessão

Fonte:Projecto Lunhinga

3.4 Infraestruturas da Mina

Com maior destaque nas infraestruturas industriais constata-se:

- ✓ Centrais de tratamento 1 e 2 (operacional CT1, e em reparação CT2);
- ✓ Oficinas de reparação e manutenção dos equipamentos;
- ✓ Central de abastecimento de combustível;
- ✓ Central eléctrica;
- ✓ Tanque de fornecimento de Água Industrial.

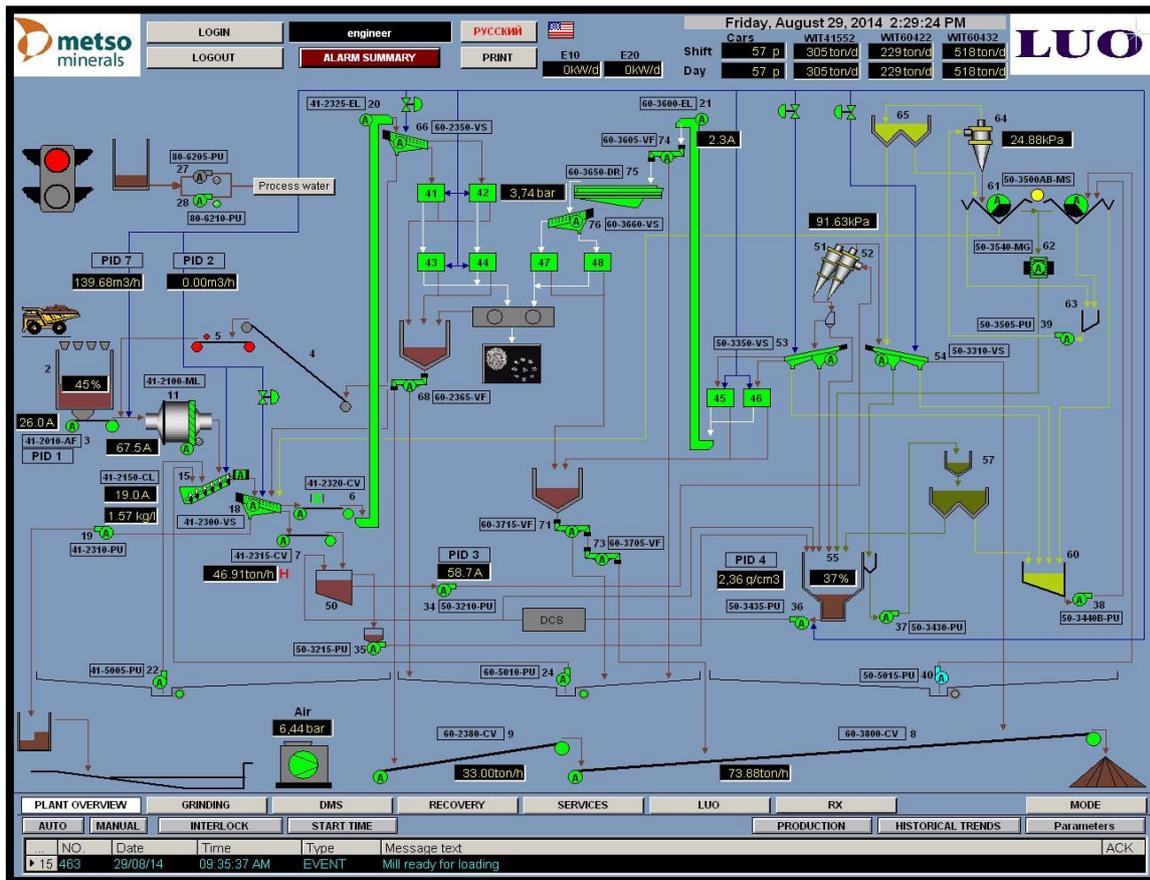


Figura 3. 3: Processo mineralúrgico desde o Pré-tratamento até DMS..

Fonte: Projecto Lunhinga.

Além desta central de tratamento, actualmente esta em manutenção a central de tratamento 2 (CT2), que esteve inactiva durante cinco anos e poderá potenciar a produção até 15mil qlt/mês em comparação com aos 8-12mil qlt/mês produzidos actualmente. Esta destina-se a tratar materiais de granulometria fina com altas percentagens de argilas (tufos), a exemplo dos materiais RVS, que muitas vezes são inviáveis de tratar nos processos metalúrgicos normais da CT1, e portanto considerados como estéreis provisórios.

- Oficinas de reparação e manutenção dos equipamentos

Este sector também engloba secções de lubrificação, borracharia e de lavagem.

- Central de Abastecimento de combustível

Com capacidade cada de 1,6 milhões de litros (800 mil litros cada) com sistema de litragem e sistema de proteção anti- incendio;

- Central eléctrica

A distribuição de energia é feita um grupo de seis geradores dos quais quatro operacionais, produzindo 1100kva e 800kw de potência.



Figura 3. 4:Grupo geradores

Fonte: Projecto Lunhinga

3.5 Situação hidrogeológica na Mina de Camatchia

Partindo da prática das investigações hidrogeológicas em outros jazigos, bem como das observações na chaminê Camatchia, chega-se a conclusão que tanto as rochas kimberlíticas, como a maioria das rochas de formação de cratera, são praticamente camadas impermeáveis. Contudo, as áreas de contacto do corpo do jazigo são zonas condutoras de água, que entram em interação com todos os lençóis de água presentes na chaminê nomeadamente: Das rochas da crosta de erosão eólica dos granito-gnaisses e da zona fraturadas dos granito-gnaisses. As águas destes lençóis enchem a zona de contacto condutora que ao atravessarem

os poços de perfuração se pode encontrar materiais de alta porosidade e condutibilidade.

Os colectores principais das águas freáticas são as areias da formação Kalahári e as formações das crostas de erosão eólica nos granito-gnaisses resistentes, bem como das fraturas dos gnaisses encaixantes.

No contacto com a chaminê a possança do lençol nas rochas da crosta de erosão eólica, vai de 40-50 m. Abaixo desta profundidade a alimentação da zona de contacto portadora de água está associada com o lençol de água na zona fraturadas dos granito-gnaisses.

Além da zona de contacto, destacam-se mais duas faixas xenolíticas condutoras de água constituídas pelos blocos grandes dos granito-gnaisses, parcialmente prendidos pelo tufo kimberlítico e que algumas vezes contam com poros grandes não preenchidos com o material ligante. Tais rochas, respectivamente, possuem altos parâmetros de filtração e transportam água livremente desde as zonas de contacto ao longo da sua extensão.

Ao longo de toda concessão são observados várias fontes de circulação anual, onde destacam-se os seguintes lençóis de água Kalahári:

- Nas formações eluviais das crostas de erosão eólica das rochas arcaicas (granito – gnaisses);
- Nas zonas de fraturação das rochas arcaicas (nas fenda de deslocação e nas rochas duras);
- Nos depósitos da formação Calonda;
- Nos depósitos aluviais dos vales dos rios;
- Nos depósitos ladeirentos deluviais dos vales do sistema fluvial;
- No complexo de terraços dos vales do sistema fluvial;

As funções do lençol são transitórias, mas contribuem para a criação de vários embaraços nas zonas de mineração, tais como desprendimentos, ravinas, barrancos, etc.

Todos os lençóis estão hidráulicamente conectados e tal correlação foi várias vezes desvendada durante a sondagem dos poços de prospecção. Os três primeiros são os preponderantes no panorama hidrogeológico da mina.

1º O lençol nos depósitos da formação Kalahári, abastece uma parte significativa da alimentação da rede fluvial da região, que alimenta-se do lençol das precipitações atmosféricas, que ao se intensificarem faz crescer a possança ao valor máximo até coincidir com a possança dos depósitos de areia de Kalahári, que atingem a zona de mineração até 100m. Detrás da mina da chaminê Camatchia este lençol não se aflora, mas no entanto afecta às condições hidrogeológicas da mina alimentando os lençóis do eluvião, dos granito-gnaisses e nos depósitos deluviais.

2ºA crosta de erosão eólica dos granito-gnaisses tem estrutura de três componentes:

- ✓ Da superfície até 10-15 m de profundidade a crosta vem apresentada pelos saprolitos:
argilas arenosas e areias argilosas;
- ✓ De 15 m á 25-40 m verificam-se solos de argila e sarrisca.
- ✓ De 40- 60 m predominam solos de brita e sarrisca.

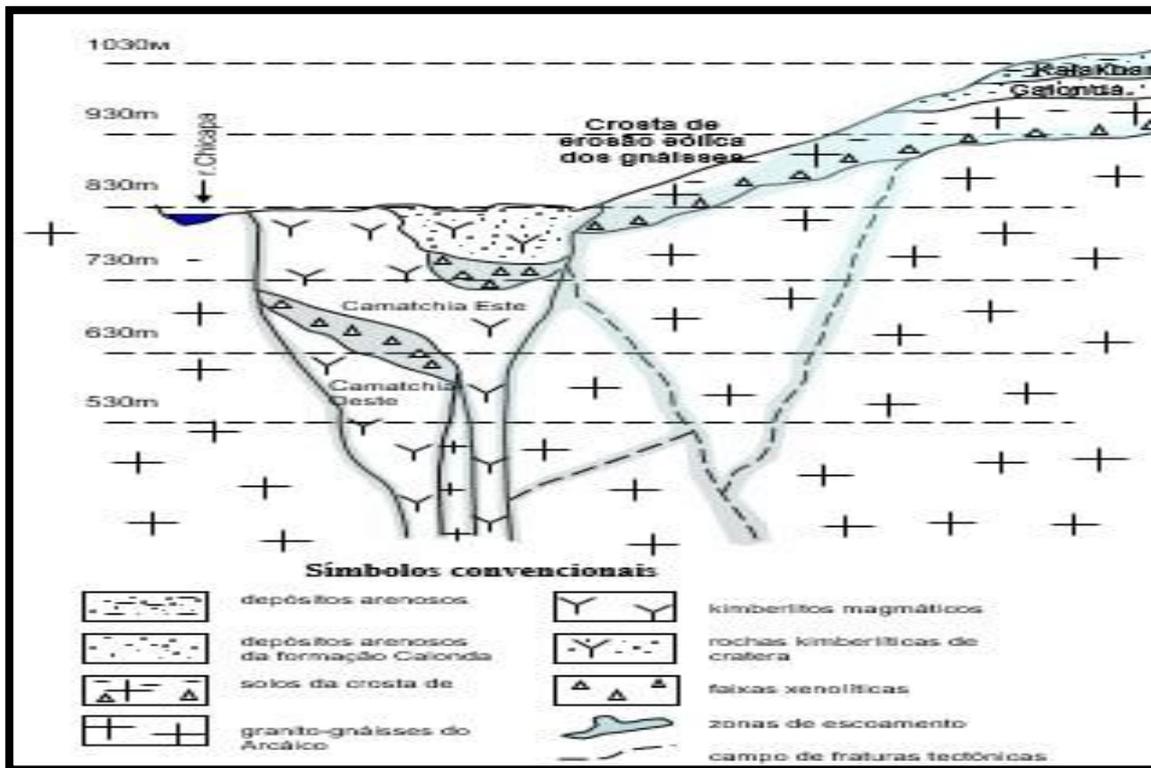


Figura 3. 5:Lençóis de água na mina.

Fonte: Departamento de Geologia -Projecto Lunhinga.

As zonas de contacto condutoras de água da chaminê desvendam-se somente na profundidade de 30 m ao longo de 100m, não obstante o efluente que está a entrar é bastante substancial. O mais provável é que com o progresso de aprofundamento da mina e eventual abertura das zonas tectónicas, a afluência das águas na mina seja capaz de crescer significativamente. Não se exclui a ligação das águas freáticas com as águas mais profundas de uma bacia subterrânea do tipo de fratura.

De grosso modo no kimberlito Camatchia nota-se uma série de processos e fenómenos naturais, que desfavorecem o acesso e a exploração da mina principalmente nas inclinações de linhas de água e taludes onde observam-se:

- Erosões dos solos de cobertura das areias argilosas por acções das chuvas formando sulcos.

- Os escoadouros dos solos de areias argilosas levados pelas águas dos lençóis de água; - As inundações no território formando as lagoas pantanosas provocadas pelas águas subterrâneas de pouca profundidade.
- Ao cortar os taludes formados por solos de areias argilosas húmidas é provável provocar desabamento.
- A presença de sistemas com fissuras nos ângulos de inclinação para mina podem causar o processo de desabamento de blocos de rochas independentemente de ângulos de bordos existentes.
- Quando as areias do Kalahári entram em contacto com as águas há possibilidade de se sedimentarem.

3.6 Operações na mina de Camatchia

No âmbito das actividades principais do plano de lavra são enfatizados os seguintes aspectos proeminentes de mineração:

- ✓ Rítmo de exploração e vida útil da mina;
- ✓ Desenvolvimento;
- ✓ Desenho da mina;
- ✓ Aspectos geométricos das bancadas e vias de acesso;
- ✓ Métodos de desmonte;
- ✓ Principais equipamentos;
- ✓ Tempos de ciclo;
- ✓ Produtividade dos equipamentos;
- ✓ Índices técnico-económicos do processo produtivo.

3.6.1 Ritmo de exploração e vida útil da mina

A vida da exploração T é o prazo racional de mineração e resulta como o quociente entre as reservas provadas R e o ritmo anual de produção P , sendo expressa mediante:

$$T = \frac{R}{P}$$

Onde:

R: reservas da mina (em 106t);

P: ritmo de exploração ou produção (em 106t/ano); T: vida útil da mina (anos).

A produção é condicionada por certos factores técnicos, especialmente no processo de beneficiamento de minério onde as máquinas da lavaria podem condicionar o ritmo normal. Elevadas produtividades correspondem a menor vida útil e vice – verça, aconselhando-se aumentar a produção não de forma gradual mas sim de forma escalonada. Estima-se que a produção anual nessa mina ronda em torno do valor médio de 120mil quilates.

3.6.2 Desenvolvimento

Na mina do Lunhinga antes da fase de mineração propriamente dita executaram-se as operações enquadradas nas fases de desenvolvimento que envolveram:

- ✓ A preparação e limpeza do terreno,
- ✓ Abertura dos acessos da mina,
- ✓ Remoção de solo/ cobertura vegetal,
 - ✓ Preparação dos depósitos de minério, pilha de estéril e bacia de rejeitados.

3.6.3 Métodos de Desmonte

A exploração no Kimberlito Camatchia é feita a céu aberto utilizando o sistema de mineração com escavação por degraus diretos e avanço. A "flowsheet" tecnológica prevê o desmonte directo do maciço de estéril e a extracção do minério, usando escavadeiras e camiões. O minério é levado à Central de Tratamento e ao depósito de minério e o estéril é levado para as escombadeiras externas. Nesta Mina aplica-

se as seguintes as modalidades de desmonte: Desmonte com explosivos; e Desmonte mecânico.

❖ Desmonte com explosivos

Na Mina de Camatchia quando necessário são projectadas detonações com alta razão de carregamento pelo uso de explosivos do tipo Riogel Kupula e Maxam resistentes a água e gelatinosos. Os explosivos só devem ser utilizados sob condições para as quais foram destinados (temperatura, sensibilidade à iniciação, resistência à água e pressão hidrostática). É usado também um sistema Cordel detonante indicado para detonação que exige maior potência na iniciação e resistência a tracção e os retardos fornecem uma diferença de tempo entre dois segmentos de uma ligação detonada simultaneamente originando uma sequência de detonação dos furos do plano de fogo.

Outros elementos adicionais ao plano de fogo são: casquilho, a espoleta, mecha detonante, cujos furos são executados em malhas quadradas de 4x4, 3x3 e 2x2 ou mesmo malhas triangulares (pé de galinha).



Figura 3. 6:Explosivos usados na Mina do Lunhinga

Fonte: Projecto Lunhinga.

Os principais acessórios dos explosivos são:

- Cordão detonante;
- Detonadores “ eléctricos , não eléctricos e
- Rastilho plástico; □ Relés de retardo. ii. Desmonte mecânico

A escavadeira Hidráulica Komatsu PC850-8R1 escava e carrega materiais como TSB, RVS e em casos extremos o PK e TKB auxiliada com a Buldózer Komatsu D275 para rasgar e desagregar material mais compacto através do seu ripper (escarificador).

Salienta comentar a importância das detonações uma vez que o uso equipamentos mecânico em actividades para os quais não são destinados, conforme se verifica no panorama actual na mina que devido questões de licenciamento e elevados custos com explosivos, em pouca frequência se fazem seu o uso, tornando-se complexo a execução das tarefas com tais equipamentos verificando-se problemas com o desgaste das luvas, quebra do ripper, etc. Tais situações têm impactado na desaceleração da produção, dadas as constantes manutenções correctivas com implicação em acréscimos nos custos operacionais. Em muitos blocos são visíveis grandes porções de rochas encaixantes, gnaisses resistentes ou grandes brechas que têm dificultado o acesso ao minério, que sem a emergente campanha para detonação, o departamento de exploração e Geologia de produção encontrarão dificuldades em colmatar soluções que garantam a alimentação das centrais de tratamento, definição da geometria das bancadas, alargamento da mina, formação dos anéis (para não se afunilar em função da profundidade), sobrevivência dos equipamentos, drenagem e preservação dos taludes.

3.6.4 Principais equipamentos

No quotidiano das operações na mina Camatchia usam-se os seguintes equipamentos:

- ✓ Duas Pás- carregadeira sobre rodas do modelo CAT-966L;
- ✓ Duas Escavadeira Hidráulica do modelo Komatsu PC 850-8R1;
- ✓ Duas Buldozer Komatsu D275A-5 e D65E – C30;
- ✓ Oito Camiões articulados (2 Volvos-300 de 30t e 6 Komatsu HM400-3R de 40t e 24m³),
- ✓ Uma motoniveladora.

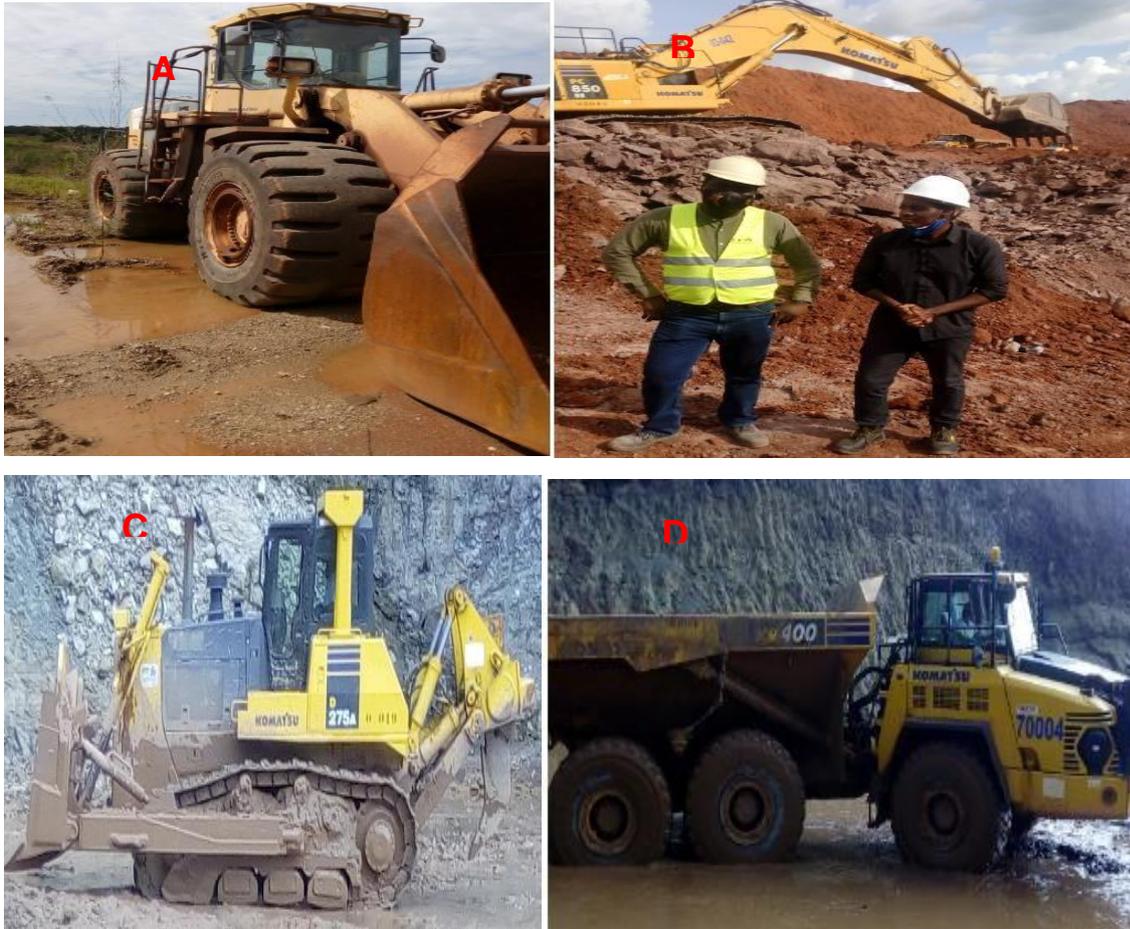


Figura 3. 7: Principais equipamentos usados na lavra da mina do Lunhinga

A- Pá Carregadeira, B- Escavadeira hidráulica, C-Buldozer, D-Caminhão articulado.

Fonte: Projecto Lunhinga

CAPÍTULO 4 – ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1 Descrição Geral da Plataforma

A plataforma desenvolvida para o sistema de gestão de riscos de acidentes na sociedade mineira do Lunhinga é uma aplicação robusta e escalável baseada na tecnologia .NET WebAPI. Concebida para proporcionar uma abordagem abrangente e eficaz à gestão de riscos, a plataforma integra funcionalidades cruciais para a identificação, avaliação e mitigação de potenciais riscos relacionados a acidentes.

A implementação da plataforma reflete uma abordagem abrangente e inovadora na gestão de riscos de acidentes, fornecendo uma ferramenta valiosa para tomadores de decisão, gestores e demais stakeholders, contribuindo assim para a promoção da segurança e prevenção de acidentes na sociedade mineira do Lunhinga.

4.2 Requisitos Funcionais

RF01: Cadastro de Incidentes:

Permitir o registro detalhado de incidentes, incluindo informações como localização, tipo de incidente, data e fatores desencadeadores.

RF02: Avaliação de Riscos:

Incorporar ferramentas de avaliação de riscos que utilizem métricas padrão e personalizadas para classificar a probabilidade e o impacto de cada incidente registrado.

RF03: Mapa da zona de Risco:

Apresentar uma visualização geoespacial dos riscos identificados, facilitando a compreensão da distribuição geográfica dos incidentes.

RF04: Relatórios Gerenciais:

Gerar relatórios detalhados sobre a incidência de riscos, possibilitando análises históricas e identificação de padrões para orientar estratégias de prevenção

4.3 Requisitos Não Funcionais

RNF01: Desempenho:

Garantir resposta rápida e eficiente mesmo sob carga máxima, mantendo tempos de resposta abaixo de um limite aceitável.

RNF02: Escalabilidade:

Projetar a plataforma para escalabilidade, possibilitando a adição de recursos e capacidade conforme a demanda cresce.

RNF03: Segurança:

Implementar medidas robustas de segurança, incluindo criptografia de dados, para proteger informações sensíveis e garantir a integridade da plataforma.

RNF04: Usabilidade:

Implementar uma interface de usuário intuitiva e amigável, visando facilitar a navegação e a utilização da plataforma por usuários com diferentes níveis de experiência.

RNF05: Compatibilidade:

Assegurar a compatibilidade da plataforma com diferentes navegadores web e dispositivos para garantir uma experiência consistente.

RNF06: Confiabilidade:

Garantir alta disponibilidade da plataforma, minimizando o tempo de inatividade e as interrupções no serviço.

4.4 Diagrama de caso de uso

O diagrama de caso de uso é uma representação visual das interações entre os usuários externos e a plataforma de gestão de riscos de acidentes. Este diagrama destaca as principais funcionalidades que os usuários externos podem realizar na plataforma, proporcionando uma visão geral clara da interação entre atores e casos de uso.

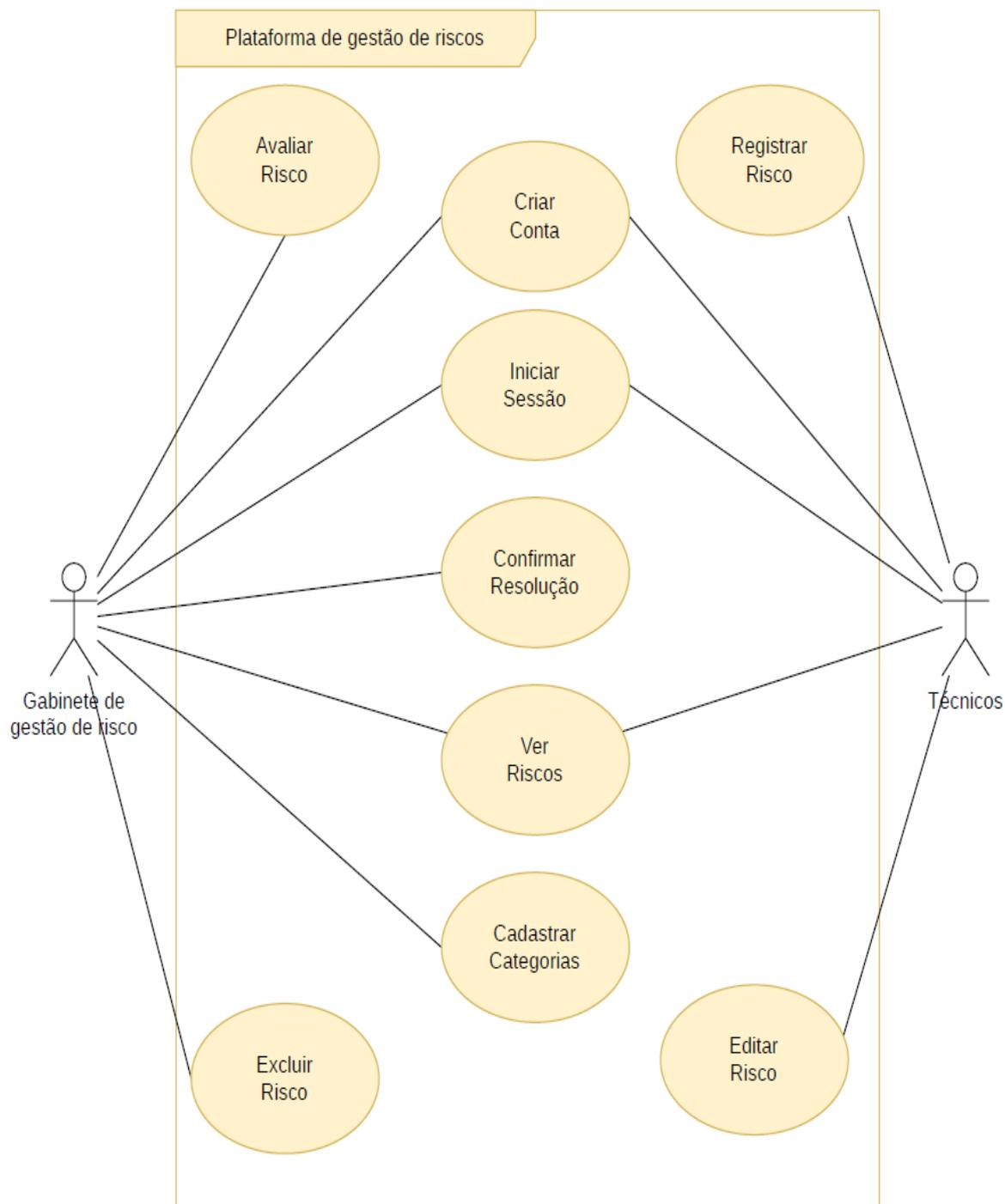


Figura 4. 1:Diagrama de caso de uso

Fonte: A autora (2024)

4.5 Descrição dos Elementos

4.5.1 Cadastrar Risco

O endpoint "cadastrar risco" é uma funcionalidade de uma API que permite que um cliente envie dados para o servidor a fim de criar um novo registro de risco no sistema. Esse tipo de endpoint é comumente utilizado em sistemas de gestão de riscos, como o mencionado na plataforma desenvolvida com .NET WebAPI para a sociedade mineira do Lunhinga.

Riscos

POST /api/Riscos/cadastrar/risco

Parameters Try it out

Name	Description
Id integer(\$int32) (query)	Id
Risco string (query)	Risco
Obs string (query)	Obs
Foto string (query)	Foto
Latitude string (query)	Latitude
Longintude string (query)	Longintude
DataOcorrencia string (query)	DataOcorrencia
DataResolucao string (query)	DataResolucao
Avaliacao string (query)	Avaliacao
IdEstado integer(\$int32) (query)	IdEstado
IdCategoria integer(\$int32) (query)	IdCategoria
IdUsuario integer(\$int32) (query)	IdUsuario

Responses

Code	Description	Links
200	Success	No links

Figura 4. 2:Cadastro do Risco

Fonte: A autora (2024)

Permite que usuários externos cadastrem informações detalhadas sobre um novo risco, incluindo localização, tipo e fatores associados.

4.5.2 Consultar Risco

O endpoint "consultar risco" em uma API serve para permitir que os clientes (como aplicativos, sistemas ou usuários) obtenham informações específicas sobre um ou mais riscos registrados no sistema. Essa funcionalidade é essencial em sistemas de gestão de riscos para que os usuários possam obter dados relevantes sobre incidentes específicos ou realizar análises detalhadas.



Figura 4. 3:Consulta do risco

Fonte: A autora (2024)

Oferece a capacidade de usuários externos consultarem informações sobre riscos previamente cadastrados na plataforma.

4.5.3 Editar Risco

O endpoint "editar risco" em uma API tem como objetivo permitir que os clientes realizem a modificação ou atualização de informações associadas a um risco específico registrado no sistema. Essa funcionalidade é essencial em sistemas de gestão de riscos para garantir a precisão e a atualização contínua dos dados relativos aos incidentes.

The screenshot displays the API documentation for the endpoint `PUT /api/Riscos/editar/risco`. The interface is divided into two main sections: **Parameters** and **Responses**.

Parameters Section: This section contains a table with two columns: **Name** and **Description**. Each row represents a query parameter with its data type and a corresponding input field. The parameters are:

Name	Description
Id integer(\$int32) (query)	Id
Risco string (query)	Risco
Obs string (query)	Obs
Foto string (query)	Foto
Latitude string (query)	Latitude
Longintude string (query)	Longintude
DataOcorrencia string (query)	DataOcorrencia
DataResolucao string (query)	DataResolucao
Avallacao string (query)	Avallacao
IdEstado integer(\$int32) (query)	IdEstado
IdCategoria integer(\$int32) (query)	IdCategoria
IdUsuario integer(\$int32) (query)	IdUsuario

Responses Section: This section contains a table with three columns: **Code**, **Description**, and **Links**. It lists the response codes and their descriptions:

Code	Description	Links
200	Success	No links

Figura 4. 4:Edição de risco

Fonte: A autora (2024)

Possibilita que usuários externos realizem a edição de informações de um risco existente na plataforma.

4.5.4 Apagar Risco

O endpoint "apagar risco" em uma API é responsável por permitir que os clientes removam um risco específico do sistema. Essa funcionalidade é crucial em sistemas de gestão de riscos para garantir que informações obsoletas ou incorretas possam ser removidas de maneira eficiente e segura.

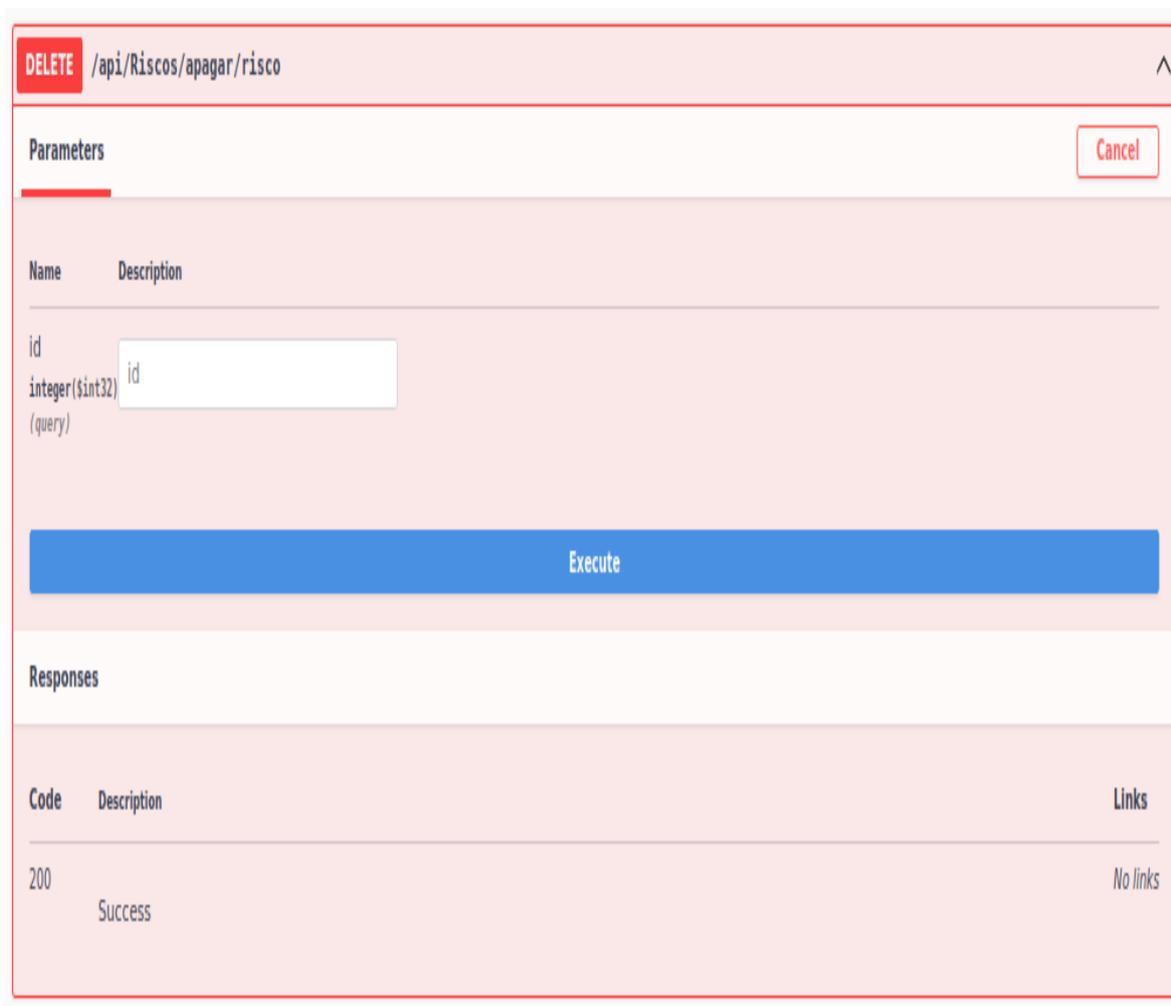


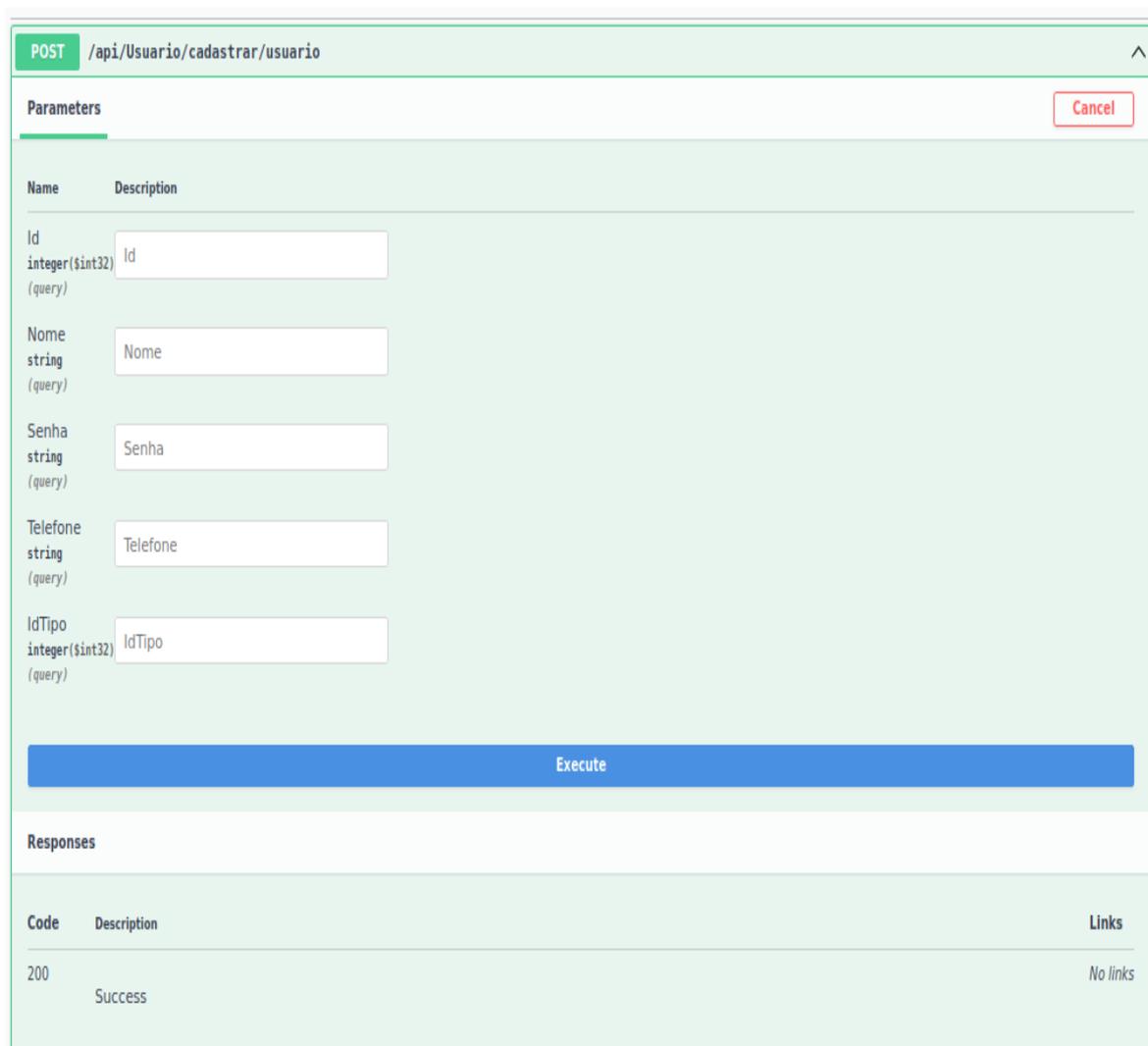
Figura 4. 5:Eliminação do risco

Fonte: A autora (2024)

Permite que usuários externos removam um risco previamente cadastrado na plataforma.

4.5.5 Cadastrar Usuários

O endpoint "cadastrar usuário" em uma API serve para permitir que novos usuários sejam registrados no sistema. Essa funcionalidade é fundamental em sistemas que requerem autenticação e autorização, como plataformas de gestão de riscos, para conceder acesso controlado aos usuários.



The image shows a screenshot of an API client interface for a user registration endpoint. The endpoint is a POST request to `/api/Usuario/cadastrar/usuario`. The interface displays the parameters for the request, which are query parameters: `Id` (integer), `Nome` (string), `Senha` (string), `Telefone` (string), and `IdTipo` (integer). Each parameter has a corresponding input field. Below the parameters is a large blue button labeled "Execute". The "Responses" section shows a table with one entry: a 200 status code with the description "Success" and no links.

Name	Description
Id integer(\$int32) (query)	Id
Nome string (query)	Nome
Senha string (query)	Senha
Telefone string (query)	Telefone
IdTipo integer(\$int32) (query)	IdTipo

Code	Description	Links
200	Success	No links

Figura 4. 6:Cadastro de usuários

Fonte: A autora (2024)

Facilita o cadastro de novos usuários na plataforma, incluindo informações como nome, e-mail e credenciais de acesso.

4.5.6 Iniciar Sessão do Usuário

O endpoint "iniciar sessão" (ou "login") em uma API é responsável por autenticar um usuário no sistema, concedendo a ele acesso autorizado. Essa funcionalidade é fundamental em sistemas que requerem autenticação para garantir a segurança e a privacidade dos dados.

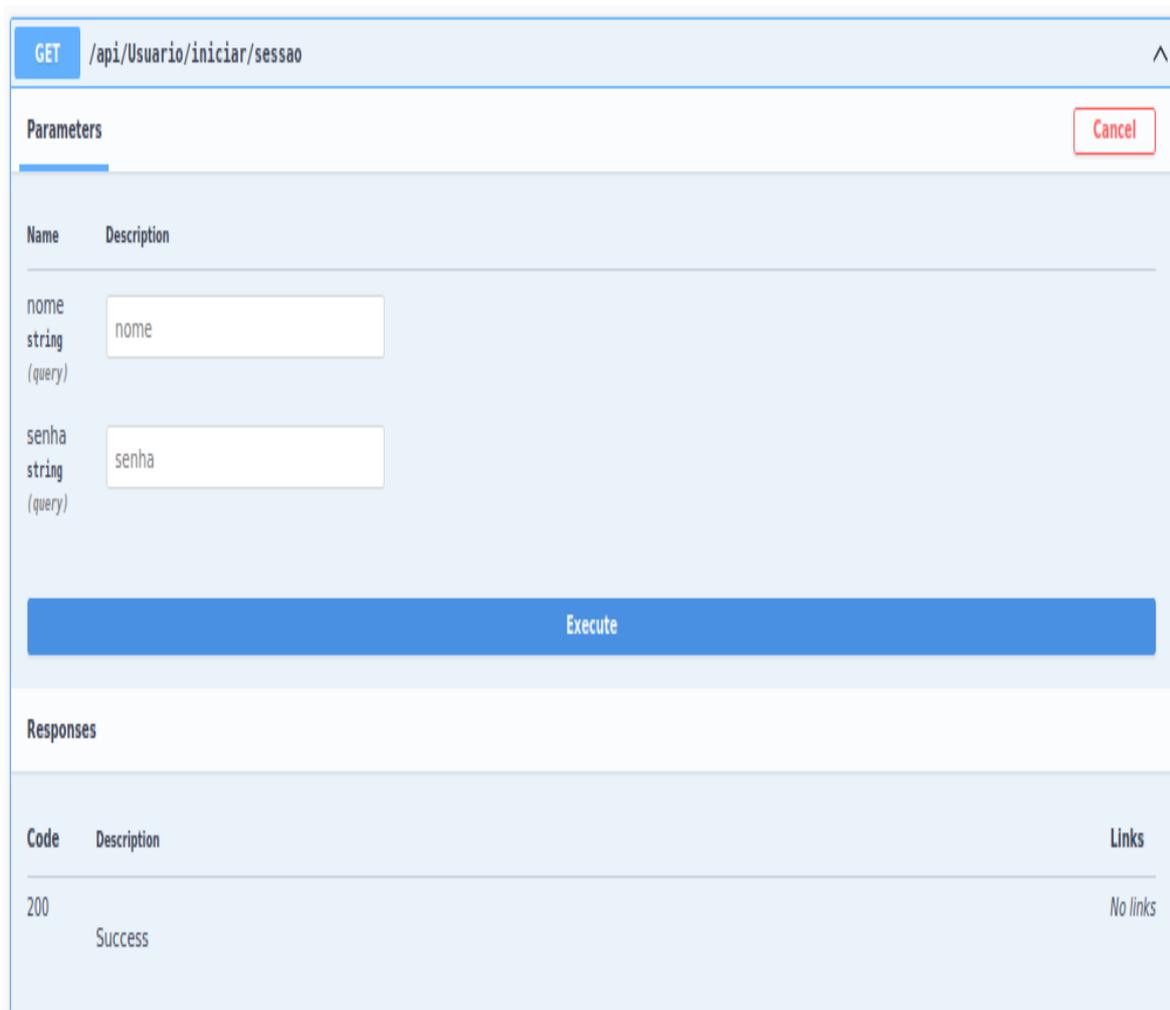


Figura 4. 7:Início da sessão na plataforma

Fonte: A autora (2024)

Permite que usuários externos iniciem uma sessão na plataforma, fornecendo credenciais de acesso para acesso às funcionalidades restritas.

4.6 Modelo Entidade-Relacionamento (ER)

Um Diagrama Entidade-Relacionamento é uma representação gráfica de entidades e seus relacionamentos em um modelo de banco de dados. Ele é utilizado para descrever a estrutura de um sistema de informação de forma visual, destacando as entidades (tabelas), os atributos (campos) dessas entidades e os relacionamentos entre elas.

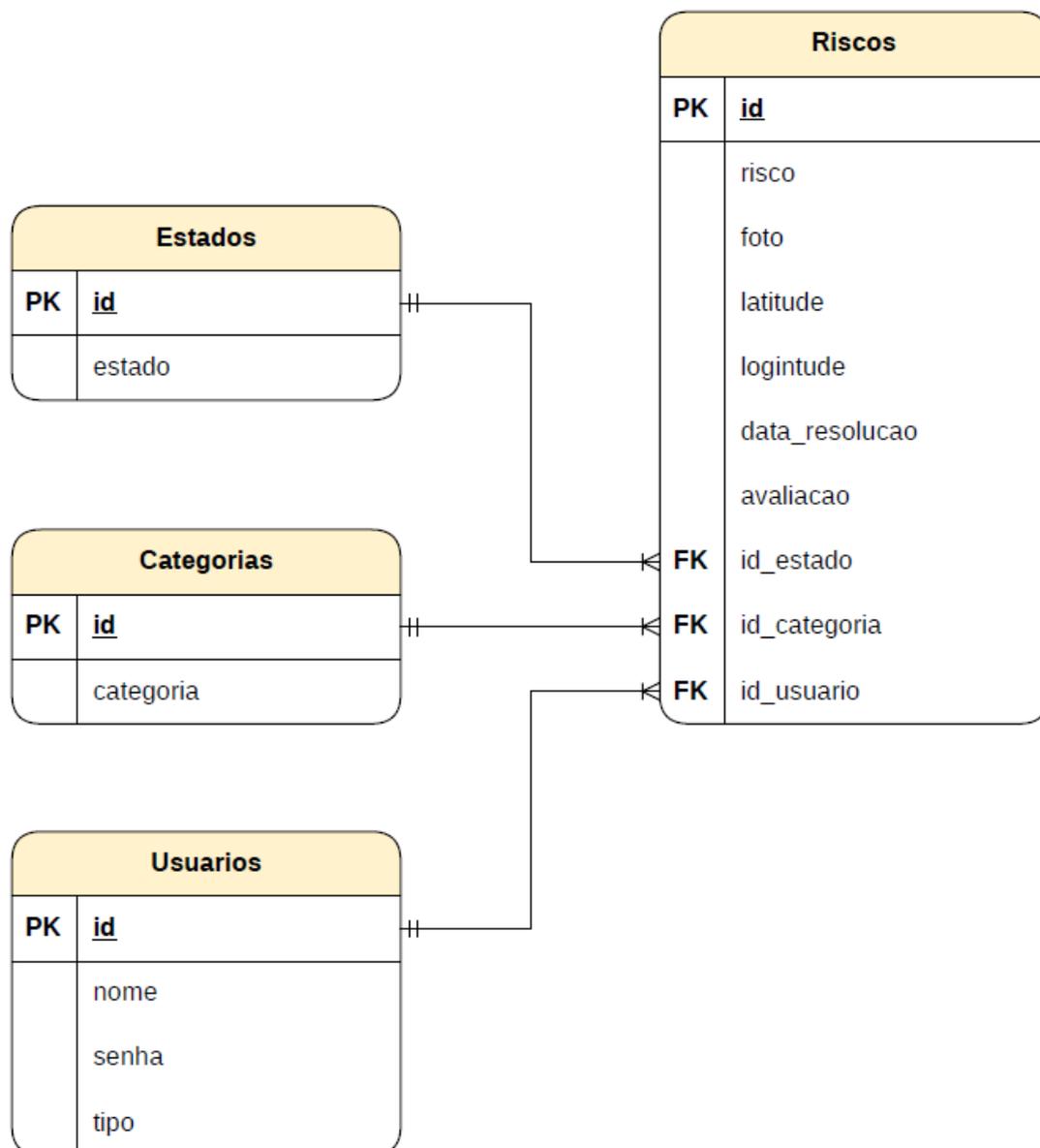


Figura 4. 8:Modelo entidade relacionamento

Fonte: A autora (2024)

❖ **Entidade: Usuários**

Atributos: Id (Chave Primária), Nome, Email e Senha.

2. Entidade: Categoria dos riscos

Atributos: Id (Chave Primária), Nome, Descrição

3. Entidade: Estado do risco

Atributos: Id (Chave Primária), Nome e Descrição

4. Entidade: Riscos

Atributos: Id (Chave Primária), Descrição, Data de Registro, Localização (Latitude e Longitude).

❖ **Chaves Estrangeiras:**

❖ ID_Usuario (referenciando a entidade Usuários)

❖ ID_Categoria (referenciando a entidade Categoria dos riscos)

❖ ID_Estado (referenciando a entidade Estado do risco)

❖ **Relacionamentos:**

Riscos - Categoria dos riscos: Um risco pertence a uma categoria, ou seja têm um relacionamento de Muitos para Um (M:1)

Riscos - Estado do risco: Um risco tem um estado associado, ou seja, têm um relacionamento de Muitos para Um (M:1)

Riscos - Usuarios: Um usuário pode ser associado a vários riscos, ou seja, Têm um relacionamento de Muitos para Um (M:1)

CONCLUSÕES

Após diversas análises e estudos realizados no desenvolver deste trabalho podemos concluir o seguinte:

- A implementação desta plataforma permitirá um minucioso levantamento dos riscos de acidentes em minas a céu aberto, resultará na identificação e priorização das principais fontes de perigo.
- A implementação de medidas preventivas demonstrará ser eficaz na mitigação dos riscos identificados, contribuindo para a redução significativa da ocorrência de acidentes.
- Esta nova plataforma proposta para o sistema de gestão de riscos na Sociedade Mineira do Lunhinga representa um avanço significativo na abordagem da segurança em minas a céu aberto.
- A análise das características e funcionalidades da plataforma demonstrou sua capacidade de oferecer suporte eficaz na identificação, avaliação e mitigação dos riscos de acidentes.
- Os resultados obtidos indicam que a utilização da plataforma pode contribuir positivamente para a segurança dos trabalhadores e para a redução dos incidentes em ambientes mineradores. Além disso, identificou-se que a plataforma pode ser adaptada para atender às necessidades específicas de outras operações mineradoras, ampliando seu potencial impacto na indústria.

RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se o seguinte:

- A Sociedade Mineira do Lunhinga promova a integração da plataforma proposta no seu sistema de gestão existente por meio de um plano estratégico bem definido.
- Realização de treinamentos contínuos para os colaboradores envolvidos na utilização da plataforma, visando garantir sua efetiva implementação e adoção.
- Futuras pesquisas se concentrem na avaliação contínua da eficácia da plataforma em diferentes contextos mineradores e na identificação de melhorias adicionais que possam ser incorporadas para fortalecer ainda mais o sistema de gestão de riscos.
- A manutenção dos equipamentos é um dos factores importantes para prevenção de acidentes.
- Não expor os trabalhadores em situações que ultrapassem as suas capacidades.

Referências Bibliográficas

1. Ambler, S. W. (2004). Introduction to UML 2 Use Case Diagrams. Retrieved from <https://www.agilemodeling.com/artifacts/useCaseDiagram.htm>
2. Abram, Isaac; Rocha. Manual Prático de Terraplenagem. Salvador, Bahia [2000];
3. Apostila do Prof. Luiz Cezar Duarte Pacheco, [2005];
4. Apostila do Prof. Gil Carvalho Paulo de Almeida [2006];
5. Caterpillar – Manual de produção Caterpillar; 22ª edição; outubro [1991]
6. Chaves, C. R. – Terraplenagem mecanizada; Editora Rodovia [1990];
7. Caterpillar – Princípios básicos de terraplenagem; Edição maio de [1977]
8. Diretrizes de Implementação: Delivery / Worker / Constellation, Edição Março de 2013
9. Euclids – Cálculos para avaliar produção e custos [2000];
10. Guimarães, N. Equipamentos de construção e conservação; Livro texto [1992];
11. Herbert, J.H.: Métodos de minería a cielo abierto, edición actualizada y revisada para el curso académico, Octubre / 2006.
12. Jacobson, I., Christerson, M., Jonsson, P., & Övergaard, G. (1992). Object-Oriented Software Engineering: A Use Case Driven Approach. Addison-Wesley.
13. Junior, Ivan S. Miranda: Diretrizes fundamentais para um estudo de avaliação económica de empreendimentos de mineração: um estudo bibliográfico, Dezembro de 2011.
14. Manual de Caterpillar: Guía de Selección de Maquinaria CAT
15. Manual Prático de Escavação [2007];
16. Manual de Produção da Caterpillar [1995]. Edição 26;
17. Martin, R. C., & Riehle, D. (2003). UML for Java Programmers. Prentice Hall.
18. Pereira, A. L. – Equipamentos de compactação [2000];
19. Ricardo, Hélio de Souza e Catalani, Guilherme [2006];
20. Senço, Wlastermiller. Terraplenagem. Universidade de São Paulo [2004];
21. Texaco do Brasil S. A. – Fundamentos de lubrificação [1991];
22. Tema Terra maquinaria S. A. Equipamentos de compactação - Seleccção e Aplicação

23. Tema Terra maquinaria S. A. Equipamentos de compactação - Selecção e Aplicação [1998]
24. Terraplenagem e Escavação de Rocha. 3ªed. Editora PINI [2007];