



UNIVERSIDADE AGOSTINHO NETO

FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE MINAS



**TRABALHO DE FIM DO CURSO PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE
LICENCIATURA EM ENGENHARIA DE MINAS**

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA EXPLORAÇÃO
DE OURO CASO DE ESTUDO: MINA DO CHIPINDO**

AUTOR : GILBERTO GUIMARÃES FRANCISCO

ESTUDANTE N° 105328

Luanda / 2024

UNIVERSIDADE AGOSTINHO NETO

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE MINAS

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA EXPLORAÇÃO
DE OURO CASO DE ESTUDO: MINA DO CHIPINDO**

AUTOR: GILBERTO GUIMARÃES FRANCISCO ESTUDANTE Nº 105328

Trabalho de Fim de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade Agostinho Neto, como parte dos requisitos para obtenção do título de licenciatura em Engenharia de Minas.

Orientador: Prof.Msc. João Cláudio Cabeia

Co-Orientador: Prof.Msc Francisco Chicangala

Luanda / 2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho DEUS e a toda comunidade estudantil, ao departamento de Minas da faculdade de engenharia da universidade agostinho Neto, A todos estudante e amantes de leitura.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por me auxiliar com saúde e motivação durante todo período da faculdade.

Ao meus orientador Prof.Msc. Cláudio Cabeia e Francisco Chicangala e o Eng Osseas Futila pela atenção paciência;

Aos meus grandes irmãos e companheiros, colega e amigo Crispim, Jorge Sebastião, Junior Alberto pelo companheirismo e encorajamento ao longo de toda a minha caminhada.
A todos os professores e estudantes do departamento de minas,

Mais um capítulo da minha vida está a terminar com a realização desta dissertação, e para tal foi fundamental a minha fé em Deus e o apoio e colaboração de várias pessoas e instituições que me agrada aqui citar.

RESUMO

A recente implementação de projectos auríferos em Angola traz consigo problemas ambientais conhecidos, nomeadamente, a gestão dos resíduos sólidos e efluentes do processo de extração mineira. A falta de planeamento provoca poluição de solos, águas superficiais que em alguns casos podem atingir e deteriorar os lençóis freáticos através da produção de drenagem ácida de mina. Outros impactes associados ao sector mineiro estão relacionados com a modificação da paisagem, fragmentação e degradação de *habitats*. O objectivo central deste trabalho foi analisar os impactes ambientais e os procedimentos de gestão prevista para exploração aurífera na mina de Chipindo, Angola. Espera-se que este estudo de caso contribua para a previsão de soluções mais sustentáveis na exploração mineira de Angola. As alternativas assumidas pelo projecto são determinantes para a significância dos impactes resultantes. Os aspectos relacionados com o aprovisionamento de recursos hídricos e resíduos gerados são os que levantam maior preocupação no âmbito deste projecto. As recomendações mais importantes que resultam da análise realizada são as seguintes: planeamento mais elaborado da captação de água; implementação da recirculação de água da barragem de rejeitados com o duplo objectivo de reduzir o consumo de água e as descargas poluentes; gestão cuidadosa dos resíduos e escombeiras, com vista a recuperação paisagística. Recomenda-se ainda uma revisão dos procedimentos de avaliação de impactes com vista a melhorar a sua eficácia.

Termos chave:

Exploração aurífera, impactes ambientais, gestão ambiental.

ABSTRACT

The recent implementation of gold projects in Angola brings with it environmental problems, namely the management of solid waste and effluents from the mining process. Lack of planning causes pollution of soils, surface waters that in some cases can reach and deteriorate groundwater through the production of acid mine drainage. Other impacts associated with the mining sector are related to the modification of the landscape, fragmentation and degradation of habitats. The main objective of this work was to analyze the environmental impacts and management procedures for gold exploration at the Chipindo mine in Angola. It is hoped that this case study will contribute to the forecast of more sustainable solutions in the mining of Angola. The alternatives assumed by the project are decisive for the significance of the resulting impacts. The aspects related to the provision of water resources and waste generated are the ones that raise major concern in the scope of this project. The most important recommendations resulting from the analysis are: more elaborate water abstraction planning; implementation of water reuse of the reject dam with the dual objective of reducing water consumption and pollutant discharges; careful management of waste and heaps for landscape recovery. It is also recommended that the impact assessment procedures be revised to improve their effectiveness.

Keywords:

Gold exploration, environmental impacts, environmental management.

ÍNDICE

DEDICATÓRIA.....	I
AGRADECIMENTOS	II
RESUMO	III
ABSTRACT	IV
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	XIII
CAPITULO I- GENERALIDADES	15
1.1 INTRODUCÃO	15
1.2 FORMULAÇAO DO PROBLEMA	17
1.3 OBJECTIVO GERAL.....	17
1.4 OBJECTIVO ESPECIFICOS	17
1.4 JUTIFICATIVA	18
1.5 HIPOTESE BASICA	18
1.6METODOLOGIA GERAL	18
1.7 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	19
1.8 LIMITAÇÃO DO TRABALHO	19
1.9 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19

CAPITULO II- FUNDAMENTAÇÃO TEORICA	20
2.1 Actividade mineira e o ambiente: conceitos gerais.....	20
2.3 Lavra a céu aberto por tiras	24
2.4 Lavra a céu aberto por via húmida	24
2.4 Exploração aurífera	26
2.5 Principais impactos ambientais decorrentes da exploração aurífera a céu aberto	27
2.6-principais fontes de impactes em exploração auríferas.....	31
2.6.1 Escombeiras	31
2.6.2 Barragem de rejeitados	34
2.6.3 Construção a montante (<i>Upstream</i>).....	35
2.6.4 Construção a jusante (<i>Downstream</i>).....	35
2.6.5 Construção central (variante da construção a jusante)	35
2.7 O Sector Mineiro Em Angola.....	38
2.7.1 principais atividades	38
2.7.2 Petróleo.....	38
2.7.3 Diamantes	39
2.7.4 Ferro	40
2.7.5 Ouro.....	40
2.8 Enquadramento Legal.....	41

2. 9 Paradigma Da Mineração Sustentável.....	42
2.9.1Técnicas de análise ambiental	43
CAPITULO III- CASO DE ESTUDO	45
3.1 Caracterização do caso de estudo.....	45
3.2 Tratamento de dados e resultados	45
3.3 Exploração aurífera da mina de Chipindo	45
3.3.1 Apresentação da empresa	45
3.4 caracterização do município do chipindo	46
CAPITULO IV. RESULTADO E DISCUSSÕES.....	52
4.1 Processo de exploração	52
4.2 Método de lavra e tratamento do minério	52
4.3 Infraestruturas de apoio	54
4.4 Tratamento e distribuição de água.....	54
4.5 Drenagem e efluentes	54
4.6 Barragem de rejeitados	55
4.7 Plano de encerramento da mina.....	55
4.8.1 Recursos hídricos	60
4.8.2 Amostras recolhidas e resultados.....	64
4.8.3 Impactes no território	65

4.8.4 Escombeiras	65
4.8.5 Barragem de rejeitados.....	69
4.8.6 Drenagem da mina.....	71
4.9 Encerramento da mina.....	72
CAPITULO V- RECOMENDAÇÕES	74
5.1 Procedimentos gerais.....	74
5.2 Procedimentos gerais à nível nacional	74
5.3 Mina de Chipindo.....	75
5.3.1 Medidas técnicas	75
5.3.2 Recomendações Técnicas	75
CAPITULO VI-CONCLUSÃO	76
6.1 Síntese	76
6.2 Recomendações futura	Erro! Marcador não definido.
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
ANEXOS	84

LISTA DE FIGURAS

Figure 1 modelo de funcionamento do setor minério.....	20
Figure 2 fotografia da mina	22
Figure 3 método de lavar céu 2014	23
Figure 4.....	27
Figure 5 tipo de escombreira	32
Figure 6 método de construção de barragem de rejeitado.....	36
Figure 7 interação entre os componentes de análise ambiental.....	44
Figura 8.....	46
Figura 9 fotografia a eira da área de estudo.....	47
Figure 10 versão simplificada da carta de solo de Angola.....	48
Figura 11 fisionomia dos solos na zona de chiriva chipindo	48
Figura 12 mapa geológico regional da concessão mineira do chipindo.....	49
Figura 13 aspecto da vegetação e um dos troços do rio Tchissõe.....	50
Figura 14 modelos de equipamentos de mineração.....	53
Figura 15 esquematização dos pressupostos admitidos mediante processo	67
Figure 16 impacto na água	84
Figura 17 impacto.....	84
Figura 18 impacto no solo	84

Figura 19 alteração no solo e na fauna 85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1atividades possiveis de gerar impacto na industria mineira	29
Tabela 1atividades possiveis de gerar impacto na industria mineira	29
Tabela 2	30
Figure 5 tipo de escombreiraTabela 2	30
Tabela 3descricao das principais causas de colapsos das barragens de rejeitado ..	37
Tabela 3descricao das principais causas de colapsos das barragens de rejeitado ..	37
Tabela 4 sinopse corporativa da titularidade dos recursos mineirais	42
Figure 7 interação entre os componentes de analise ambiental.....	42
Tabela 5 estimativa de reservas de minériode ouro	52
Figura 14 modelos de equipamentos de mineração.....	52
Table 6 sintese de impacto da fese de implantação.....	58
Table 6 sintese de impacto da fese de implantação.....	58
Table 7 sintese de impacto da fase de operação	59
Table 7 sintese de impacto da fase de operação	59
Tabela 8 estimativa da disponibilidade do rio Tchissõe.....	63
Tabela 8 estimativa da disponibilidade do rio Tchissõe.....	63
Tabela 9 jamba	63
Tabela 9 jamba	63

Tabela 10 cálculo da capacidade da albufeira do projecto	64
Tabela 10 cálculo da capacidade da albufeira do projecto	64
Tabela 11 estimativa de resíduos na mina.....	66
Tabela 15 esquematização dos pressupostos admitidos mediante processo	66
Tabela 12 estimativa da área ocupada pelas escombeiras.....	68
Tabela 12 estimativa da área ocupada pelas escombeiras.....	68
Tabela 13 cálculo do volume e concentração da lama	70
Tabela 13 cálculo do volume e concentração da lama	70
Tabela 14 perfil dos valores atribuidos aos impactes ambientais	80
Tabela 14 perfil dos valores atribuidos aos impactes ambientais previsto	80

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AIA – Avaliação de Impacte Ambiental

ASCORP – *Angola Selling Corporation*

Au – Ouro

CA – Comissão de Avaliação

CFM – Caminho de Ferro de

Moçâmedes

CML – Companhia Mineira do Lobito

DAM – Drenagens Ácidas de Mina

DMN – Drenagem Mineira Neutra

DNPM – Departamento Nacional de Produção

Mineral DP – Desvio Padrão

EIA – Estudo de Impacte Ambiental

ENDIAMA – Empresa Nacional de Diamantes de

Angola ETA – Estação de Tratamento de Água

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

EUA – Estados Unidos de América

GPL – Gás de Petróleo Liquefeito

h – Hora

ha - Hectare

IAIA – *International Association for Impact*

Assessment IGM - Instituto Geológico Mineiro

kg – Quilograma

km² – Quilómetro quadrado

kVA – Quilovolt-ampère

L - Litro

LER – Lista Europeia de Resíduos

m. – Mês

m – Metro

m² – Metro quadrado
m³ – Metro cúbico
mg – Miligrama
mm – Milímetro
MTD – Melhores Técnicas Disponíveis
OMS – Organização Mundial de Saúde
ONU – Organização das Nações Unidas
PCA – Presidente do Conselho Administrativo
PEAD – Polietileno de Alta Densidade
pH – Potencial de Hidrogénio
PLANAGEO – Plano Nacional de Geologia de Angola
s - Segundos
SGA – Sistema de Gestão Ambiental
SODIAM – Sociedade de Comercialização de Diamantes de Angola SARL
SOMIL – Sociedade Mineira do Lombige
SONANGOL – Sociedade Nacional de Combustíveis de Angola
SST – Sólidos Suspensos Totais
t – Tonelada
TDR – Termos de Referência
UE – União Europeia
UNDESA – Departamento das Nações Unidas para Economia e Assuntos Sociais
UNEP – *United Nations Environment Programme*

CAPITULO I- GENERALIDADES

1.1 INTRODUÇÃO

A mineração é um dos segmentos da economia de vários países (*e.g.*, África do Sul, Brasil, China, EUA,) e contribui para o desenvolvimento de vários sectores indústrias. Apesar da importância dessa contribuição, a exploração mineira induz uma série de impactes ambientais que afectam a vida das comunidades. Consequentemente, esses impactes fazem com que a actividade mineira seja menos aceite dentro do conceito de desenvolvimento sustentável.

A tomada de consciencialização ambiental face a essas preocupações, resultado em grande parte, de muitos desastres ambientais envolvendo o sector minério nas últimas décadas, tem estimulado os governos, as empresas exploradoras e outras entidades envolvidas, a desenvolver estratégias e técnicas de exploração mais limpas, com enquadramento legal e institucional, assente nos principais marcos das políticas ambientais internacionais.

Não obstante a essa tomada de consciência, os problemas ambientais provocados pela actividade mineira dependem de vários factores (Martins, 2013):

- Do tipo de minério extraído;
- Da tecnologia empregue;
- Do período da exploração;
- Das exigências legais do país;
- Da envolvente onde se inserem.

A poluição dos solos e dos recursos hídricos são geralmente os principais impactes da actividade mineira, como consequência da produção e deposição de resíduos durante a operação; falta de planeamento para o encerramento da mina e em muitos casos, o abandono de mina (Brundtland, 1987).

Os impactes ambientais na indústria mineira são inquestionáveis, pese embora, existam mecanismos disponíveis que minimizem esses impactes. Um dos mecanismos que

surgiu no contexto descrito anteriormente, foram as avaliações ambientais de actividades com benefícios socioeconómicos. As mesmas visam a identificação atempada de prováveis impactes negativos de uma actividade sobre a qualidade ambiental e social a fim de evitar, minimizar ou compensar estes impactes e então analisar a viabilidade da sua realização. Devendo para o efeito dispor de instrumentos de protecção e recuperação ambiental, participação e integração social.

Esta avaliação, tem permitido o desenvolvimento de técnicas mais limpas e a elaboração de um quadro normativo específico. Instrumentos como a análise de risco ambiental, os estudos de impacte ambiental (EIA), os planos de monitorização e os guias de boas práticas passaram a ser obrigatórios em todo mundo e visam garantir que as consequências de uma actividade no ambiente sejam devidamente consideradas no processo de decisão final.

Em Angola, a exploração mineira existe desde o período colonial, com destaque para exploração de petróleo, diamante, ferro e em menor proporção o ouro (Au) e material inerte. Após a independência, extinguiram-se algumas explorações, como ferro e ouro. Actualmente, a indústria mineira nacional restringe-se a exploração do petróleo e diamantes, sendo que o petróleo é a principal fonte de receitas para o país. No entanto, as oscilações do mercado internacional, têm pressionado o governo angolano a diversificar as suas fontes de receita, apostando cada vez mais na promoção de subsectores minero.

Com base em alguns dados preliminares do Plano Nacional de Geologia de Angola (PLANAGEO), que apontam a existência de vários minérios para exploração em escala industrial *e.g.*, ouro, ferro, cobre, titânio, manganês, pirocloro, uraninite fosfatos, alguns projectos começam já a ser desenvolvidos. É o caso do projecto de exploração de ouro do Chipindo, prestes a operar.

Com o (re)surgimento deste subsector prevê-se o alavancar da economia angolana, porém, junto a esse desenvolvimento avizinhama-se problemas ambientais, associados a paradigmas já conhecidos. Logo, é imperativo que se estabeleça simultaneamente mecanismos, normas e procedimentos ambientais que vão relacionar factores como às

técnicas de exploração e a integração de aspectos ambientais com intuito de orientar e conduzir melhor a gestão eficaz destes projectos.

Embora a consciência ambiental em Angola seja inegável, é fundamental que, enquanto se promove o desenvolvimento deste sector, surge o interesse de se estudar as interferências que o subsector aurífero pode trazer para o ambiente em Angola.

1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

o presente trabalho surge da necessidade de conhecer os impactes ambientais provocado pelas actividade de exploração industrial de ouro, na mina do chipindo.

1.3 OBJECTIVO GERAL

Esta dissertação tem como objectivo geral:

➤ É analisar os impactes ambientais e os procedimentos de gestão prevista para exploração aurífera na mina de Chipindo, Angola. Espera-se que este estudo de caso contribua para a previsão de soluções mais sustentáveis na exploração mineira de Angola.

1.4 OBJECTIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Identificação de todos projectos de exploração aurífera licenciados em Angola (que entrarão em funcionamento brevemente);
- ❖ Caracterização deste tipo de actividade mineira: faseamento, técnicas empregues, alternativas e medidas existentes internacionalmente, fontes e impactes da actividade;
- ❖ Análise do EIA do projecto aurífero do Chipindo e documentos complementares;
- ❖ Análise dos impactes descritos pelo EIA vs. os impactes descritos pela literatura vs. as melhores práticas utilizadas internacionalmente;
- ❖ Desenvolvimento de recomendações para o projecto aurífero de Chipindo e empreendimentos similares.

1.4 JUTIFICATIVA

A evolução do mundo e o aumento da demanda concernente os minerais esta leva muitas empresa mineira a aumentar a sua produção de modo a cobrir esta demanda. A mineração, como actividade essencial para a humanidade, deve ser realizada de modo que as empresa tenha uma maior rentabilidade e menos impacte ambiental, ou seja deve, contribuir para uma desenvolvimento susntavel do pais. Este estudo e uma inovoção para o Despatamento de Engenharia de Minas da UAN e tambem pode servir para abrir caminhos para outros estudo que possam ser desenvolvidos

1.5 HIPOTESE BASICA

Se for realizado um estudo das actividade degradantes provocadas pela exploração industrial de ouro em mina a ceu aberto e seus efeitos nas variaveis ambientais e possivel determinar seus impactes .

elaborar propostas de medidas de mitigação dos impactes ambientais para as minas em causa e o plano de recuperação da mesma minas.

1.6 METODOLOGIA GERAL

Para alcançar os objectivos estabelecidos, a metodologia adoptada incidiu fundamentalmente na revisão da literatura em torno da temática. Foram selecionados instrumentos a analisar, nomeadamente regimes jurídicos e políticas do sector mineiro (subsector aurífero) e ambiental (estudos de avaliação de impactes ambientais, guias de boas práticas).

Após a selecção de um projecto de exploração aurífera como caso de estudo foram mantidos contactos directos com a entidade angolana Ferrangol EP e com a Direcção Nacional de Prevenção e Avaliação de Impactes Ambientais (DNPAIA) do Ministério do Ambiente de Angola, que garantiram o acompanhamento do EIA e a visita ao local da mina, naquele que será um dos primeiros projectos de exploração de ouro no país, após a independência.

As informações recolhidas contribuíram para a elaboração das perspectivas de atempadamente garantir uma estrutura melhor da gestão ambiental deste sector. Na Figura 3.1, encontra-se esquematizada a metodologia geral adoptada.

1.7 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Para que houvesse facilidades na realização da nossa pesquisa, quando ao tema resolvemos trabalhar apenas com dados adquiridos em bibliografias e informações de alguns tecnicos da industria.

1.8 LIMITAÇÃO DO TRABALHO

Quanto a limitação do nosso estudo, tendo em conta as tecnicas utilizadas na colheita de dados e a falta de oportunidades por nossa para o contacto directo das regiões afectadas, aconselhamos aos nossos leitores a não considerarem os resultados como um produto acabado.O trabalho pode servir apenas de aproximação para futuras pesquisas.

1.9 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos. O primeiro capítulo debruça-se sobre os princípios introdutórios da temática e os objectivos deste estudo.

No segundo capitulo é feito A fundamentação teórica proveniente da revisão da , e visa a elucidar sobre os principais conceitos da exploração mineira, no terceiro capitulo é feito a caracterização geológica da área.

No quarto capítulo apresenta resultado e discussão no quinto capítulo conclusão e no sexto recomendações no sétimo referencia bibliográfica .

CAPITULO II- FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

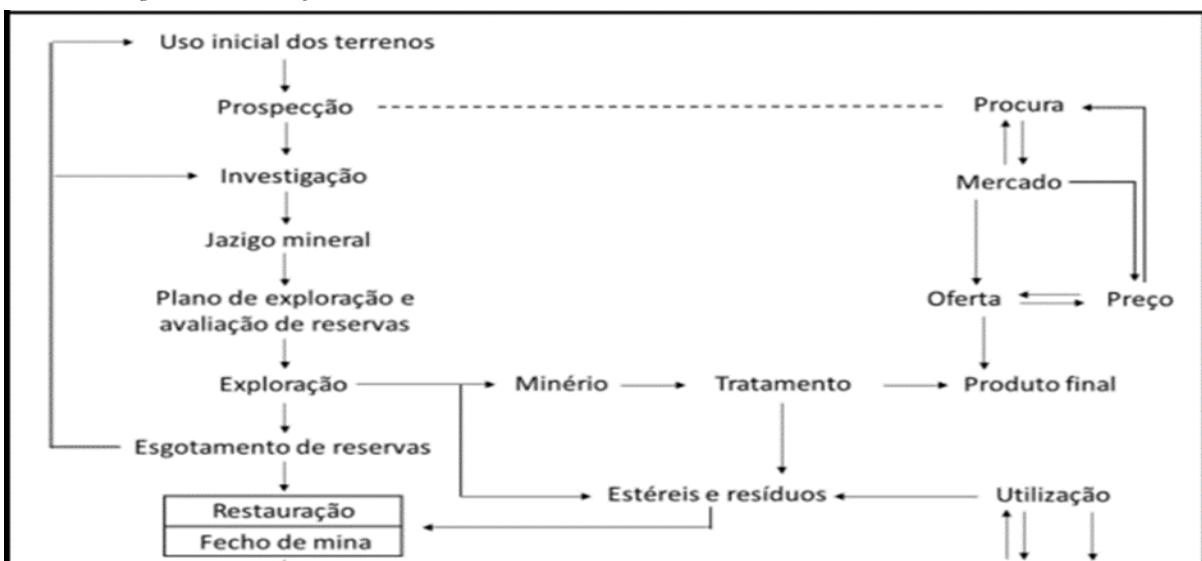
2.1 Actividade mineira e o ambiente: conceitos gerais

A mineração é entendida como uma actividade que abrange desde a pesquisa, lavra, tratamento até a industrialização de bens minerais, podendo ser classificada em três grupos principais: a mineração dita industrial ou de grande porte; a mineração de uso social ou de menor porte, como pedreiras e, por fim, os garimpos, actividades extractivas informais, manuais ou mecanizadas e, frequentemente, clandestinas.

Este sector, tende a subdividisse de acordo com o material a explorar: minerais energéticos (ex.: petróleo, carvão, turfa); minerais metálicos e nobres (ex.: ferro, chumbo, cobre, alumínio, ouro, prata, platina); minerais empregues na construção (ex.: brita, areia, rochas ornamentais); e minerais industriais (ex.: carbonatos, caulim, talco).

A diversidade e o dinamismo são duas das características do sector mineiro. Em geral, os projectos em mineração são mais lentos quando comparado com projectos de obras civis, devido principalmente as várias etapas que o caracterizam. Podem decorrer vários anos entre a descoberta da ocorrência até o início da operação. Na Figura 2.1 é possível ver, um modelo de funcionamento do processo mineiro, onde se observa o carácter das suas actividades.

Figure 1 modelo de funcionamento do sector minério



Para entender como a indústria mineira afecta o ambiente, é importante compreender os processos básicos envolvidos na exploração e no processamento de minerais e em que fases podem ocorrer impactes ambientais.

Lavra: integra operações coordenadas do processo produtivo com objectivo de aproveitamento industrial da jazida, desde a extracção dos minerais até o processamento das mesmas. Esta pode ser de quatro tipos: a céu aberto ou mineração de superfície, subterrânea, a partir de perfurações e hidráulica.

✓**Processamento ou beneficiamento mineiro:** consiste no conjunto de transformações das características originais do minério que permitirão o seu maior aproveitamento. Estas transformações, de carácter físico e/ou químico possibilitam a remoção dos constituintes indesejáveis ao processo e consequente aumento da concentração do minério. Os processos de beneficiamento geralmente são três: cominuição, concentração e flotação.

A desativação de um projecto mineiro carece sempre de um plano de desactivação. Estes planos, devem focar principalmente os aspectos ambientais referentes a própria desactivação, ou seja, baseados na integração do uso futuro do solo, na recuperação paisagística do local, nos factores sociais e com atenuação dos passivos ambientais.

Para Teixeira Paiva (2006), quanto mais cedo for preparado o plano de desactivação de uma mina, mais tempo se tem para conhecer todos os parâmetros necessários ao emprego de um programa de desactivação de qualidade. Na verdade, quanto mais cedo tiverem início os trabalhos que visam a reintegrar o meio o mais próximo possível das suas condições originais, mais chances existirão de tornar isto possível. Qualquer planeamento será de tão melhor qualidade quanto melhor a qualidade das informações e do conhecimento que se tenha acerca dos parâmetros necessários ao estabelecimento de qualquer programa. Evitando sempre o abandono da mina.

É notório que à medida que se passa de uma fase para outra na actividade mineira, a gravidade dos impactes ambientais aumenta. Na fase de prospecção e pesquisa são muito

pouco significativos os impactes, enquanto que na exploração intensificam-se. Muitas vezes pelo método de lavra adoptado e do mineral a ser explorado.

Em mineração é comum falar em exploração a céu aberto e subterrânea, tornando-as, em métodos de lavra frequentes e podemos perceber porquê. A exploração a céu aberto, objectivo parcial de análise desta dissertação, consiste na extração de recursos minerais ou energéticos por operações desenvolvidas na superfície sem provisão de operações subterrâneas. Embora ocasionalmente possa haver uma abertura para o subsolo, esse tipo de mineração é essencialmente baseado na superfície. Os factores mais importantes que determinam a execução da exploração a céu aberto são económicos e técnicos (National Research Council., 2002).

A exploração a céu aberto é caracterizada por uma maior facilidade na extração e exploração dos minerais, maior acção dos agentes erosivos, maior impacte na área explorada e utiliza-se para a exploração de quase todos os tipos de minerais. As tecnologias de lavra a céu aberto podem ser classificadas de acordo com o uso de métodos mecânicos ou hidráulicos. Nos métodos mecânicos pode-se ter a lavra por bancadas com desmonte por explosivos ou desmonte mecânico, lavra por tiras, lavra de rochas ornamentais e por métodos auxiliares. Os métodos hidráulicos utilizados em sua maioria é a lavra por dragagem (National Research Council., 2002). Na aparência, uma exploração a céu aberto assemelha-se muitas vezes a um funil

Figure 4 fotografia da mina



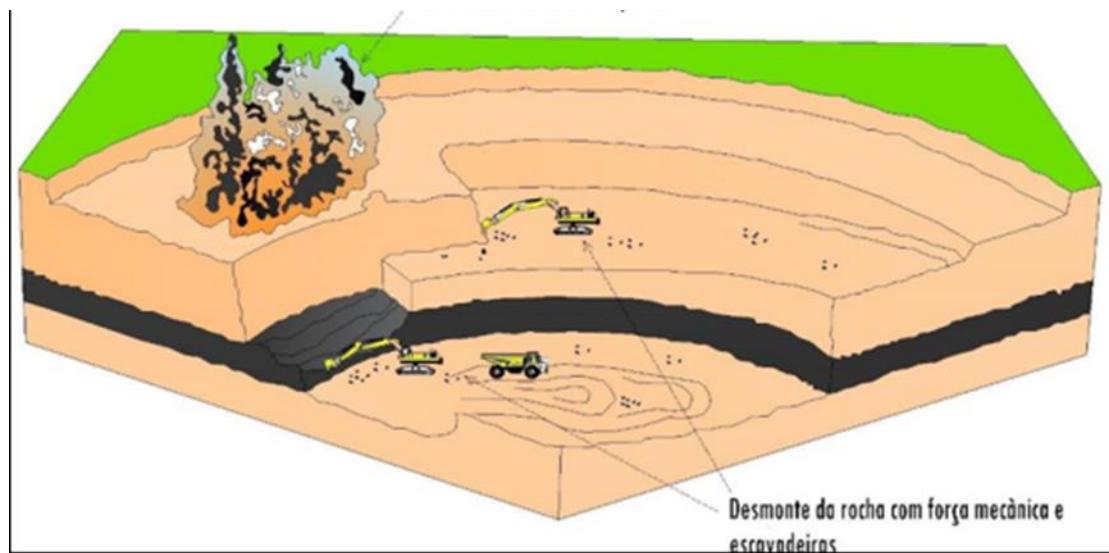
Fonte: expresso 2011

De ressaltar que os métodos a seguir descritos, não se restringem aos mesmos. Assim sendo, cada projecto deve sempre escolher e adaptar as melhores práticas e técnicas para cada situação específica, tendo em conta um plano que contempla a realidade local, a literatura e o capital humano especializado.

a) Lavra a céu aberto com bancadas e desmonte por explosivos e/ou mecânico

A lavra por bancadas é um tipo de lavra que pode ser tanto em encosta quanto em cava. É normalmente aplicada quando a jazida tem dimensões verticais e horizontais grandes, obrigando a retirada do minério em bancadas, bancos ou degraus com auxílio de explosivos e/ou força mecânica. Apresenta grande vantagem económica, pois a drenagem é natural por gravidade (no caso de lavra em encosta), o transporte é geralmente descendente e os volumes de solo removido são pequenos, embora isso não ocorra sempre (Yamatomi & Okubo, 2009).

Figure 7 método de lavrar céu 2014



Fonte coqueiro: 2010

A diferença entre esses dois métodos está unicamente na forma do desmonte da rocha. Logo, a sequência clássica das operações unitárias é basicamente: a) desmatamento: supressão do coberto vegetal conforme o avanço da lavra; b) decapagem do solo: retirada de material estéril do solo, argila ou rocha alterada; c) desmonte de rocha: perfuração, (des)agregação da rocha realizada com força mecânica e de escavadeiras, tratores ou pás-

carregadoras), detonação (desagregação da rocha com explosivos; d) carregamento e transporte da rocha em caminhões ou equivalentes até a estação de tratamento e ainda o transporte de material estéril até o depósito de estéril. Os principais equipamentos utilizados nestas operações são: tratores, escavadeiras, pás-carregadoras, martelos, caminhões, explosivos e acessórios (Ferreira, 2013).

2.3 Lavra a céu aberto por tiras

A lavra a céu aberto por tiras é utilizada principalmente em jazidas com predominância de camadas horizontais, com espessuras de minério menores em relação às grandes dimensões laterais. É semelhante à lavra por bancadas, com a diferença de que o material decapado do solo não é

transportado para as pilhas de estéril, mas depositado directamente nas áreas adjacentes já lavradas. Considerado um método de alta produtividade e de custo mais baixo devido ao facto de o material escavado voltar a ser depositado nas áreas já exploradas por um período de espera curto, possibilitando o trabalho com um ângulo maior do que o na lavra por bancadas. A lavra por tiras pode ser aplicada tanto para rochas coesas, que necessitam de desmonte de rocha por explosivo, quanto para rochas friáveis ou brandas, que podem ser escavadas directamente (Curi, 2017) (Yamatomi & Okubo, 2009).

Quanto a extração, esta técnica é classificada como mineração de área ou mineração de contorno dependendo da geometria e tipo de depósito. Os ciclos de operações para ambas as técnicas consistem no desmate, decapagem do solo, desmonte de rocha (por perfuração e explosão de sobrecargas), carregamento e transporte. Os equipamentos e insumos utilizados são: tratores, escavadeiras, pás carregadeiras, perfuratrizes pneumáticas ou martelos manuais, caminhões; explosivos e acessórios (Ferreira, 2013).

2.4 Lavra a céu aberto por via húmida

A extração de minas a céu aberto pode ser feita por via húmida, (uso de água ou de um líquido solvente para recuperar minerais). A extração por via húmida é essencialmente realizada de duas maneiras, cada uma contendo dois métodos respetivamente (Curi, 2017):

- ❖ A lavra de pláceres, dirigida para a recuperação de metais pesados oriundos principalmente de depósitos de aluvião. Os métodos utilizados são a lavra hidráulica e a dragagem.
- ❖ A lavra por dissolução, aplicada para a extracção de minerais solúveis ou fundidos, ou que podem ser transformados em polpa, usando-se água ou um solvente líquido. Os métodos utilizados são a lavra química e a extracção por poços.

A lavra de pláceres quer seja, hidráulica quer seja, por dragagem são técnicas muito semelhante. E as operações são totalmente dependentes do fornecimento permanente de água. A lavra hidráulica é adequada sobretudo para a recuperação de minérios presentes em depósitos de pláceres. Entre os minérios e metais ocorrentes em pláceres incluem-se o ouro, diamante e platina que são frequentemente encontrados com depósitos de areias, argilas e cascalhos (Ferreira, 2013).

São apontadas algumas vantagens para este método, nomeadamente: produtividade alta, baixo custo e o ciclo de produção é muito simples, a operação de desmonte é mínima, tratamento do minério por concentração e densidade, via húmida, pouco intensivo em mão-de-obra e possibilita a lavra de depósitos submersos. No entanto, é um método com necessidades excessivas de água, limitado a depósitos não consolidados, alto investimento de capital em grandes dragas, método não flexível e não selectivo que representa para o ambiente um enorme risco (Curi, 2017). Quanto a exploração subterrânea, como o próprio nome refere, os minerais são extraídos a grandes profundidades e depois transportados à superfície por meio de poços e galerias para posterior

Quanto a exploração subterrânea, como o próprio nome refere, os minerais são extraídos a grandes profundidades e depois transportados à superfície por meio de poços e galerias para posterior tratamento. Este método não será aqui analisado por não fazer parte do objectivo desta dissertação. No entanto, uma breve análise destes dois métodos permite desde já mencionar que a mineração a céu aberto é o método mais comum para operações em larga escala, enquanto a mineração subterrânea é, em geral, a mais eficaz para operações em pequena escala.

2.4 Exploração aurífera

Segundo (Norgate & Haque, 2012) a produção de ouro provém principalmente de depósitos de minério de rocha dura, extraídos maioritariamente a céu aberto. Este minério forma-se essencialmente em:

- ❖ Depósitos *Lode* (veia ou filão), são depósitos onde o ouro é encontrado embutido em rachaduras e veias nas rochas. O ouro encontrado num filão tem, normalmente, à volta sulfureto e telureto.
- ❖ Depósitos de *Placer* (ou aluvião), formados pela movimentação de água que corroeu o ouro dos depósitos de lodo, e depositou-se em areia, fendas e canais. Sendo que o cobre e o ferro são comumente, encontrados, como impurezas em minérios de ouro.

A ciência apresenta diversas tecnologias para exploração de ouro, desde métodos mais simples, que envolvem apenas processos físicos, aos métodos mais complexos, envolvendo agentes químicos, para a refinação e recuperação dos minérios de ouro. Quando assim acontece, esses métodos tendem a maximizar os impactes desta actividade. A forma como o ouro é encontrado na natureza - não refratários ou refratários – justifica normalmente, a selecção desta tecnologia.

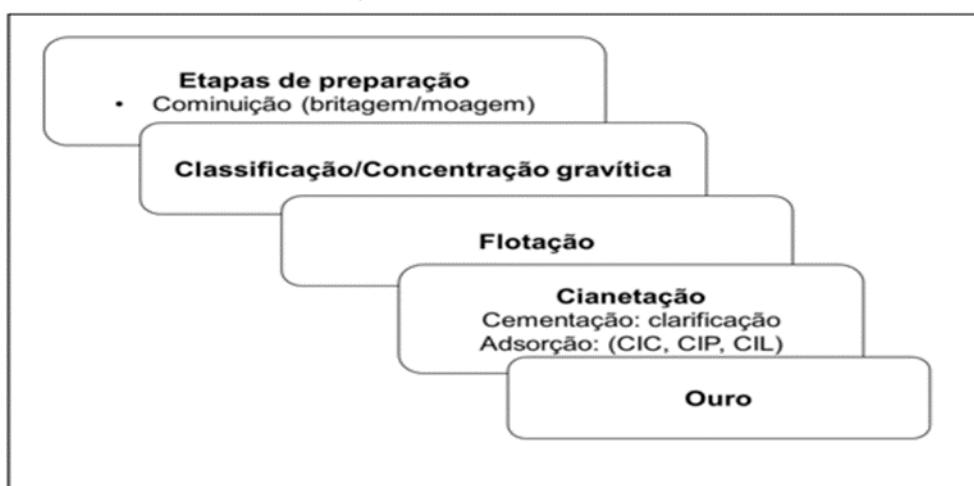
De acordo com (Güiza & Aristizábal, 2013) as indústrias de ouro modernas e mecanizadas usam cianeto quase que exclusivamente, uma vez que graves problemas de saúde e ambientais eliminaram a amalgamação com mercúrio líquido – a Venezuela proibiu completamente o uso de mercúrio na actividade de mineração. No entanto, estudos actuais comprovam limitações ou dificuldades tecnológicas do processo de cianetação, as quais podem inviabilizar a sua aplicação económica. Assim sendo, podemos estar prestes a conhecer outros reagentes alternativos.

Em linhas gerais, as rotas de processamento podem se restringir a uma mera adequação granulométrica do minério às etapas hidrometalúrgicas subsequentes ou envolver, além da preparação, estágios de concentração. As etapas de preparação estão presentes tanto

em circuitos em que ocorre concentração prévia dos minérios quanto naqueles em que o minério é submetido diretamente à extração hidrometalúrgica (Trindade & Barbosa Filho, 2002).

Quando o ouro está associado a sulfetos, o processamento usual inclui a cominuição do minério e subsequente disponibilização, seguida de uma etapa de flotação antes da cianetação. Com os minérios de natureza refratária, é comum o emprego de ustulação ou lixiviação à pressão ou bacteriana previamente à cianetação (Lins, 2000 citado por B. E. Trindade & Barbosa Filho, 2002).

Figure 8:etapa da produção



Fonte : o autor

2.5 Principais impactos ambientais decorrentes da exploração aurífera a céu aberto

A estrita relação entre a actividade mineira e problemas ambientais tem sido o grande desafio para esta indústria. Nem sempre os benefícios económicos gerados por empreendimentos minérios justificam as alterações significativas que estas impõem a alguns compartimentos ambientais. Dentre vários impactes característico desta actividade, destacam-se a contaminação de corpos hídricos superficiais e subterrâneos pelas denominadas drenagens ácidas de mina (DAM) provenientes da oxidação de resíduos na presença de água, a alteração da paisagem, a poluição do ar e os passivos ambientais em minas não activas (Valencia et al., 2009); (Martins, 2013).

As minas abandonadas, representam para o mundo uma grande preocupação. Nos EUA, segundo dados do portal AbandonedMines (2016) estimam-se em torno de 500 000 minas abandonadas. Em Portugal, a exemplo de outros países de UE, a preocupação com essas estruturas prevalece. Até a data da elaboração desta dissertação estavam inventariadas 199 minas abandonadas (Empresa de Desenvolvimento Mineiro S.A., 2017).

No contexto angolano alguns factores contribuem para a falta de dados do abandono de minas: a pouca expressão do sector e o recente surgimento da exploração de alguns minérios determinam outras prioridades nomeadamente, a preocupação com o garimpo e outras práticas mineiras ilegais de exploração, que tendem a surgir no país, todavia não serão aqui analisados.

Não obstante ao paradigma de minas abandonadas, urge a necessidade de se conhecer e determinar, ao longo de todo o empreendimento os eventuais impactes que este sector pode induzir ao ambiente. apresenta de forma geral, as etapas da actividade mineira passíveis de gerar impactes. Partindo do princípio, que o sector mineiro é bastante diversificado, tanto na forma com que os recurso.

*Tabela 1*atividades possíveis de gerar impacto na industria mineira

ETAPAS	ACTIVIDADES	
Pesquisa e Prospeção	<input type="checkbox"/> Levantamentos topográficos <input type="checkbox"/> Abertura de acessos <input type="checkbox"/> Prospecção geofísica e geoquímica	<input type="checkbox"/> Recolha de amostras <input type="checkbox"/> Sondagens <input type="checkbox"/> Ensaios de beneficiamento
Desenvolvimento	<input type="checkbox"/> Decapagem do solo/terraplanagem; <input type="checkbox"/> Supressão de vegetação; <input type="checkbox"/> Abertura de acessos; <input type="checkbox"/> Remoção de camadas do solo; <input type="checkbox"/> Implantação de rede elétrica; <input type="checkbox"/> Construção de obras civis de apoio; <input type="checkbox"/> Construção de instalações industriais;	<input type="checkbox"/> Montagem de equipamentos; <input type="checkbox"/> Contratação de mão-de-obra; <input type="checkbox"/> Disposição do estéril removido; <input type="checkbox"/> Sondagens.
Lavra	<input type="checkbox"/> Escavação mecânica; <input type="checkbox"/> Desmonte por detonação; <input type="checkbox"/> Desmonte hidráulico;	<input type="checkbox"/> Carregamento e transporte; <input type="checkbox"/> Drenagem; <input type="checkbox"/> Disposição do estéril.
Processamento	<input type="checkbox"/> Manutenção de máquinas e equipamentos; <input type="checkbox"/> Operações de britagem e moagem e classificação; <input type="checkbox"/> Tratamento minero-metálgico;	<input type="checkbox"/> Disposição de rejeitos; <input type="checkbox"/> Armazenamento de insumos; <input type="checkbox"/> Tratamento de efluentes.
Actividades secundárias	<input type="checkbox"/> Geração e tratamento de efluentes líquidos e sólidos de origem industrial e doméstica; <input type="checkbox"/> Carregamento e transporte do minério;	<input type="checkbox"/> Manutenção de máquinas e equipamentos de apoio; <input type="checkbox"/> Armazenamento e abastecimento de combustíveis.

Fonte: (Paiva, 2006)

Para além dos impactes mencionados, a atividade mineira impõe também casos de conflitos socio ambientais envolvendo a mineração e as populações, abrangendo principalmente conflitos territoriais. Porém não serão analisados nesse trabalho.

Tabela 3: os Impactos ambientais

IMPACTES SOBRE DESCRIPTORES AMBIENTAIS			
Solos	<input type="checkbox"/> Destrução da camada arável do solo <input type="checkbox"/> Diminuição da matéria orgânica; <input type="checkbox"/> Alteração das características dos solos <input type="checkbox"/> Aumento da exposição aos processos erosivos	<input type="checkbox"/> Compactação e impermeabilização dos solos <input type="checkbox"/> Destrução da capacidade potencial de uso agrícola <input type="checkbox"/> Inversão das camadas de solos <input type="checkbox"/> Contaminação do solo por metais pesados e/ou substâncias utilizadas no tratamento do minério maioritariamente mercúrio e cianeto	
Águas Superficiais e Subterrâneas	<input type="checkbox"/> Processos de arrastamento de materiais depositados <input type="checkbox"/> Assoreamento de rios e alteração dos processos de escoamento superfície <input type="checkbox"/> Aumento da turbidez dos cursos de água	<input type="checkbox"/> Contaminação de águas superficiais e subterrâneas, devido ao derrame acidental de combustíveis e óleos <input type="checkbox"/> Contaminação de aquíferos devido à percolação <input type="checkbox"/> Alteração do pH e acidificação das águas superficiais <input type="checkbox"/> Contaminação de corpos hídricos superficiais e subterrâneos pelas DAM	
Qualidade do ar	<input type="checkbox"/> Acumulação de poeiras <input type="checkbox"/> Concentração de matéria particulada	<input type="checkbox"/> Afetação da qualidade do ar com emissões de mercúrio;	
Ruido	<input type="checkbox"/> Poluição sonora	<input type="checkbox"/> Efeitos vibratórios causados pela detonação de explosivos	
Flora, Fauna e Paisagem	<input type="checkbox"/> Alteração da paisagem <input type="checkbox"/> Modificações topográficas devido as escombeiras <input type="checkbox"/> Redução da biodiversidade	<input type="checkbox"/> Diminuição da capacidade fotossintética dos organismos <input type="checkbox"/> Degradação e contaminação dos ecossistemas fluviais, que poderão levar à extinção da vida aquática	

Fonte: Paiva 2016

A maioria dos impactes ambientais em mineração são derivados dos diferentes resíduos gerados durante o ciclo produtivo. Assim sendo, a distinção e classificação dos resíduos é de grande importância para que se estabeleça o tratamento e o local mais adequado para a sua deposição e minimizar o impacte para o ambiente e a saúde humana.

Em Portugal, os resíduos encontram-se classificados segundo a Lista Europeia de Resíduos (LER), que os agrupa em resíduos da prospeção e exploração de minas e pedreiras, e conforme os métodos de extração: tratamentos físicos e químicos. Os resíduos aí inclusos são dispostos com um código composto por seis dígitos sendo que os dois primeiros indicam o capítulo e os dois seguintes o subcapítulo em que este se insere conforme.

Dependo do minério e do processo extractivo, estes são na sua maioria os resíduos associados à exploração mineira de maneira geral. Existem, no entanto, outros resíduos produzidos que decorrem geralmente de instalações auxiliares (*e.g.*: refeitório, escritório, entre outros), de operações de manutenção paralelas à actividade em questão, *e.g.*: óleos, graxa, entre outros, provenientes da manutenção de máquinas e oficinas de apoio (Martins, 2013).

Em Angola a gestão dos resíduos, ainda é pouco consolidada, de tal modo que não existe uma classificação tão detalhada que permita a distinção a esse nível. São apenas classificados segundo a origem, nomeadamente, resíduos industriais e existe ainda uma lista de características perigosas dos resíduos concernente ao Anexo III do Decreto Presidencial n.º190/12 de 24 de Agosto – Regulamento sobre Gestão de Resíduos.

Os resíduos gerados durante as fases de processamento são designados de rejeitos, e dependo das suas características podem ser depositados em pilhas (escombeiras) ou em barragens de rejeitados.

2.6-principais fontes de impactes em exploração auríferas

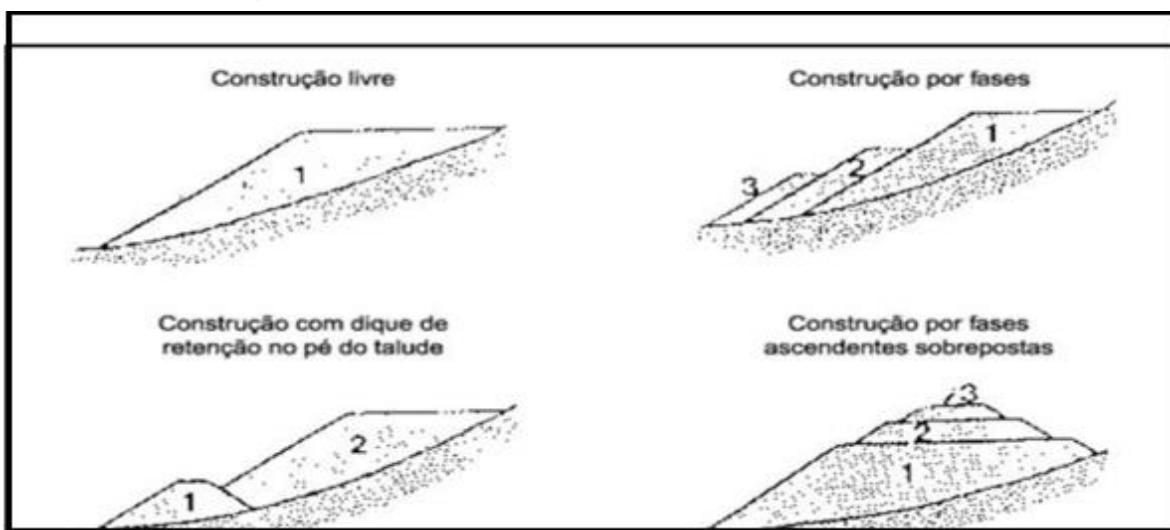
2.6.1 Escombeiras

As escombeiras são depósitos superficiais, geralmente não confinados, construídos em pilha cujo objetivo é armazenar material estéreis proveniente da mineração. As dimensões

dependem diretamente do volume de material que é necessário retirar para a extração do minério que, por sua vez, depende da estrutura geológica do jazigo e da topografia da área, assim como do valor económico do minério a explorar e dos custos de extração da ganga (Instituto Geológico Mineiro, 1999).

Para critérios de construção, optamos pelas regras de boa prática no desmonte a céu aberto do Instituto Geológico Mineiro (1999), que apresenta uma classificação, para terrenos inclinados (caso mais comum), quatro tipos de escombeiras, conforme demonstrado

Figure 11 tipo de escombeira



Fonte: instituto geológico mineiro 1999

O método de formação livre embora seja o mais comum em mineração é, do ponto de vista de estabilidade geotécnica, o mais desfavorável, sendo eficaz apenas para escombeiras de pequenas dimensões e que não apresentem risco de derrocada, *e.g.*: os blocos. Este método caracteriza-se por apresentar um talude coincidente com a inclinação máxima que permita a estabilidade dos taludes, e por apresentar uma acentuada separação granulométrica do estéril (*idem*).

O método de construção por fases proporciona factores de segurança mais elevados em relação ao método livre, de onde resultam escombeiras com taludes mais baixos. A altura total destes depósitos pode estar limitada por factores associados ao acesso aos níveis inferiores (*idem*).

O tipo de construção com dique de retenção no pé do talude, só apresenta grandes vantagens quando os materiais não são homogéneos e apresentam diferentes litologias, granulometria e características geotécnicas. Este (dique), é construído com material estéril de maior dimensão e mais resistente, de maneiras que forma um obstáculo ao escorregamento do restante material depositado (*idem*).

A construção de escombeiras por fases ascendentes sobrepostas é a que confere uma maior estabilidade dos materiais depositados, visto que, se diminuem os taludes finais e se obtém uma maior compactação dos materiais (*idem*).

A instabilidade das escombeiras é visto por muitos autores como um problema geotécnico, quer estejam activas, quer estejam já em abandono, e sobre a economia da operação, sendo necessário na maioria dos casos chegar a uma solução de compromisso entre ambos os factores (Roque, 2009).

De acordo com Robertson & Skermer (1988) citado por M. C. R. Roque (2009); e Bastos (1999) a água é um agente propulsor de fenómenos de instabilidades. Os autores apresentam dois tipos de acções que podem causar instabilidade nos depósitos de resíduos:

- Acções súbitas, causadas por eventos intensos ou extremos, como inundações e sismos. Acções lentas, mas contínuas, como a acção da água, de agentes químicos e biológicos e do vento.

Apesar das condicionantes da estabilidade das escombeiras, a literatura apresenta soluções de mitigação aplicáveis a problemas com essas estruturas: estabilidade com recurso a elementos externos de contenção ou sem recurso a elementos externos. No entanto, qualquer tipo de solução de estabilização deve integrar soluções de drenagem eficazes, seja de drenagem superficial seja de drenagem interna, já que a água é muitas vezes o principal fator de instabilização de aterros e de soluções de contenção (Environmental Protection Agency | EPA, 1994).

2.6..2 Barragem de rejeitados

Segundo Mckinnon, 2002; Ozkan e Ipekoglu, 2002; Wei et al., 2013 citado por (Burritt & Christ, 2018), os métodos tradicionais de disposição de rejeitos incluem a descarga em rios próximos às minas, por

intermédio da barragem de rejeitado; despejo de material desidratado no subsolo e deposição directa no mar.

Totalmente diferente das barragens convencionais, as barragens de rejeitados são estrutura de acondicionamento de rejeitos, com objectivo de reter efluentes líquidos, provenientes das unidades de tratamento. O dimensionamento destas estruturas deve necessariamente prever o armazenamento de água durante longos períodos de tempos e a capacidade de depuração de substâncias químicas (Instituto Geológico Mineiro, 1999).

As barragens de rejeitos, são estruturas que representam um potencial de poluição muito grande, envolvendo dois aspectos importantes que dizem respeito à segurança e à saúde pública. O primeiro relaciona-se com a estabilidade estrutural da própria bacia e, em caso de acidente, à possível libertação de um grande volume de água e/ou de fluidos rejeitados. O segundo aspecto diz respeito a uma possível contaminação dos cursos de água e dos aquíferos subterrâneos, caso o material rejeitado não fique retido na bacia e se infiltre no terreno (Instituto Geológico Mineiro, 1999).

Na história da indústria mineira são conhecidos vários acidentes, na sua maioria consequência de colapsos da barragem de rejeitos ou lamas, nomeadamente: Stava (Itália, 1985), Aznalcollar (Espanha, 1998), Baia Mare (Roménia, 2000), Aitik (Suécia, 2000), Aude (França, 2004), Borsa (Roménia, 2005), kolontár (Hungria, 2010) e mais recentemente foi o rompimento das barragens do Fundão e Santarém em Mariana (Brasil, 2015).

De acordo com a Environmental Protection Agency | EPA (1994) e o Instituto Geológico Mineiro (1999) existem vários métodos de construção de barragens de rejeitados, desenvolvidos de modo a maximizar o condicionamento de rejeitados, agrupados em três grandes grupos (ver Figura 2.6):

2.6.3 Construção a montante (*Upstream*)

É o método mais antigo de construção de bacias, sendo o método mais económico. A construção consiste em colocar material para montante, em cima do material já existente, elevando assim os taludes da bacia. (...) Deste modo, à medida que a altura da bacia aumenta, o dique vai-se movendo para montante encontrando-se apoiado nos rejeitados anteriormente depositados. As vantagens do presente método são o seu baixo custo e rapidez de construção.

2.6.4 Construção a jusante (*Downstream*)

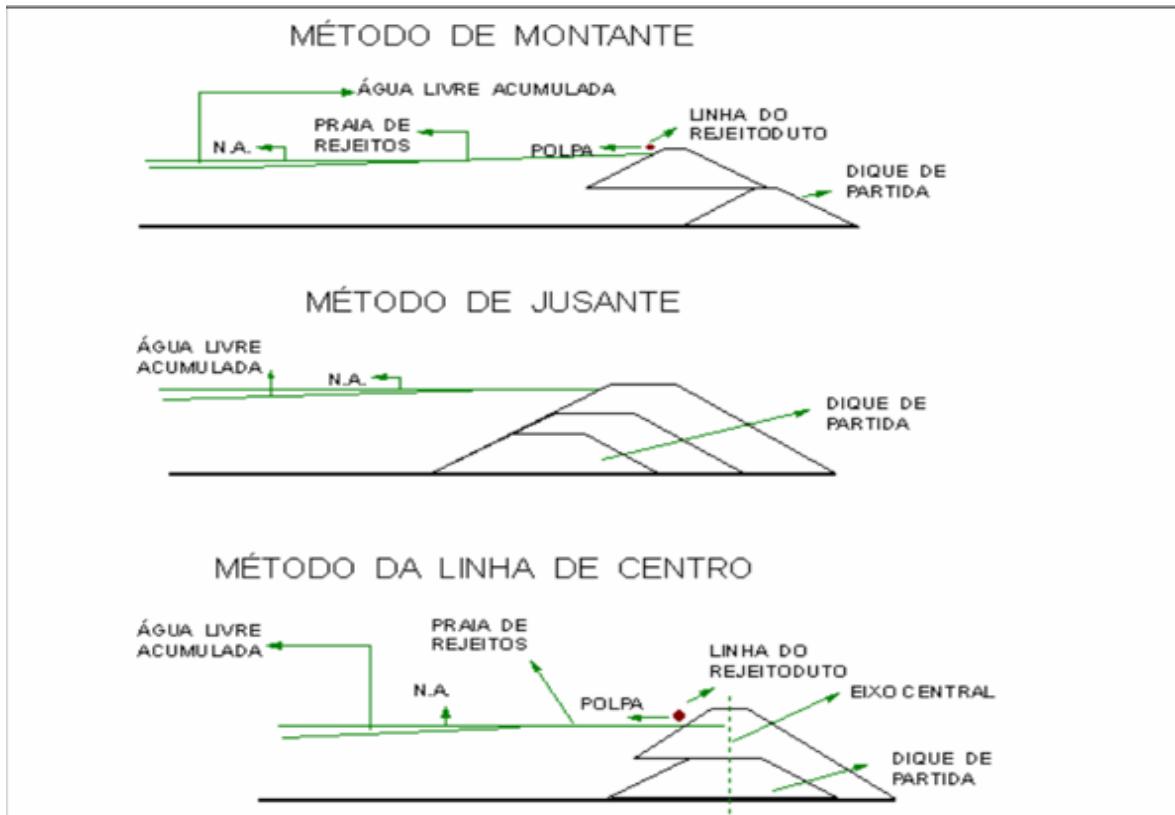
Método relativamente recente. É semelhante ao anterior variando apenas a direcção de construção e/ou desenvolvimento. Todas as variantes deste método têm um ponto em comum, uma vantagem face ao método anterior, o facto de serem construídas na direcção jusante e, por conseguinte, terem fundações previamente preparadas e não rejeitados previamente depositados. As vantagens do presente método, para além da anterior, são: o controle de compactação e colocação dos materiais poder ser realizado ao longo das operações de enchimento; a possível instalação de sistemas internos de drenagem à medida que a bacia é construída, o que melhora a sua estabilidade; o facto de a bacia poder ser projectada e construída para qualquer grau de segurança, incluindo resistência a tremores de terra, a possibilidade de esta poder ser elevada, com um mínimo de alterações e problemas acima do valor inicialmente previsto no projecto. Esta última vantagem torna-se muito importante na indústria mineira, na medida em que por vezes a vida da exploração é acrescida por novas descobertas de minério, melhorias no método de exploração ou aumento das cotações do metal.

A grande desvantagem de todos os métodos de construção a jusante é o enorme volume de areias necessário para construir a bacia.

2.6.5 Construção central (variante da construção a jusante)

Este é uma variante do método anterior, sendo a única diferença o facto de o topo da bacia não se mover para jusante, mas sim verticalmente. Este método permite que se eleve a bacia de um modo mais rápido e com recurso a menos material

Figure 14 método de construção de barragem de rejeitado



Fonte: Coqueia 2014

O risco, apesar de baixo, de barragens de rejeitados entrarem em colapso é a principal preocupação do sector mineiro. Na Tabela 2.5 apresentamos as principais causas que estão na origem do colapso de barragem de rejeitados, segundo (Coqueia, 2014); e (Duarte, 2008).

Tabela 5 descrição das principais causas de colapsos das barragens de rejeitado

Causas	Descrição
Galgamento	Causado principalmente quando o nível da água ultrapassa a crista da barragem, ocorrendo um galgamento, é muito provável que ocorram inúmeras fissuras. A água de transbordo vai provocar uma rápida erosão da parede até conduzir num tempo muito curto, alguns minutos, a um colapso da estrutura
Falha na fundação	Os defeitos na fundação não são incomuns entre as estruturas de rejeito, onde existe na base da estrutura uma camada fraca de solo ou rocha em profundidade na fundação. O movimento ao longo de um plano de fraqueza ocorrerá se o carregamento do solo produzir tensões em excesso da força de corte do solo na camada fraca.
Erosão	Este fenômeno designado por piping (erosão interna) poderá conduzir ao desenvolvimento de grandes cavidades, progredindo de jusante para montante. Para prevenir é necessário diminuir os gradientes hidráulicos e incorporando na estrutura filtros e drenos adequados, fazer uma adequação de métodos de desvio ou encaminhamento de águas pluviais e fazer uma manutenção no talude da estrutura.
Canalização	A canalização ocorre quando existem infiltrações para a parte interna ou na camada inferior do armazenamento, originando uma erosão ao longo do percurso. Uma canalização excessiva pode provocar um colapso parcial ou total da barragem
Liquefação	Este tipo de colapso ocorre com maior frequência em zonas sismicas, podendo ocorrer também como consequência de vibrações causadas por equipamentos pesados que circulam ao longo da crista das paredes do dique ou ainda originados por rebaixamentos provenientes de extração mineral. Os fatores que afetam a liquefação são: o tipo de solo (granulometria uniforme – finos, são os mais suscetíveis), compacidade (quando maior for, mais resistente será à ação), os excessos positivos de pressão na água dos poros do rejeito, a intensidade do sismo e a localização do nível freático.
Colapso por uma velocidade de crescimento elevado	Se uma barragem tipo upstream crescer de uma forma demasiadamente rápida o seu dique, pode ocorrer um colapso provocado por uma pressão excessiva nos poros no interior da estrutura.
Colapso por subida do nível de água	Uma subida excessiva do nível das águas pode originar um colapso nas barragens upstream – mesmo que não aconteça um galgamento. A subida de nível pode ser originada por precipitações elevadas ou por gestão incorreta dos efluentes lançados na barragem provocada pelo operador da central de tratamento de minério. Se a extensão da praia for demasiada pequena, a superfície freática sobe no interior do armazenamento e pode fazer com que a crista da barragem se torne instável. Pode haver um colapso total da barragem, iniciando-se na sua crista.

Fonte: coqueia 2014

A selecção do método de transporte dos rejeitados até à lagoa, deve ser garantido com base em estudos sobre as características dos materiais a depositar, o ciclo de deposição, o clima, o *layout* e o *design* da barragem. De entre as diversas formas de deposição do

rejeitado as mais utilizadas, quando se objectivam fornecer a maior parte do material para aumentarem os diques gradualmente, e, subsequente ao primário, são por descarga de ponto único (*spray bar*), por *spigotting* e por hidrociclone (Coqueia, 2014).

2.7 O Sector Mineiro Em Angola

2.7.1 principais atividades

É unânime a opinião de que o território angolano possui um grande e diversificado potencial mineiro, entretanto, tais informações carecem de fundamentação através da execução de trabalhos de investigação geológica.

Até bem pouco tempo o governo angolano não tinha domínio exacto das reservas minerais existentes no território. No entanto, desde 2015 que o governo estabeleceu como prioridade a criação do Plano Nacional de Geologia de Angola (PLANAGEO). Este instrumento imprescindível visa melhorar o conhecimento da geologia e do potencial dos recursos minerais e relançar e dinamizar o sector mineiro a nível do país.

Num passado não muito distante, Angola viu alguns dos seus recursos mineiros serem explorados, factos que sustentam até hoje a ideia de que o território nacional possui grande e diversificado potencial mineiro. De salientar que destes recursos a exploração de petróleo é até os dias de hoje a base da economia angolana. Assim sendo, mostramos alguns desses momentos.

2.7.2 Petróleo

A actividade de prospeção e pesquisa de hidrocarbonetos em Angola iniciou-se em 1910, mas o primeiro poço só foi perfurado em 1915. A primeira descoberta comercial de petróleo deu-se em 1955, sob o comando da Petrofina, no vale do Kwanza (Sonangol EP, 2018).

Na era colonial, Angola chegou a ter a maior produção diária de África, proveniente da exploração em *offshore* de Cabinda, *onshore* do Kwanza e do Congo. Até a data da elaboração desta dissertação foram perfurados em Angola mais de 200 poços de pesquisa e

exploração. Com uma produção aproximada de 2 milhões de barris diariamente (Sonangol EP, 2018).

Ao longo dos anos, Angola apostou em novas tecnologias para exploração em águas profundas e ultra profundas, atraindo muitas empresas do mundo todo. Desde 2015 que assumiu o compromisso de terminar com a queima de gás resultante da exploração petrolífera (Sonangol EP, 2018).

2.7.3 Diamantes

A exploração de diamantes em Angola é a segunda fonte de receita do país. Com a descoberta no século XX de sete diamantes na região das Lendas. O início do processo de mecanização da indústria diamantífera em Angola deu-se em 1937, mas só em 1952 se descobriu o primeiro Kimberlito, o Camafuca – Camazambo (Endiama E.P., 2017).

Nas décadas seguintes foram descobertas mais de 190 fontes primárias de diamantes e outros depósitos ricos em recursos diamantíferos. Após os conflitos armados que assolararam o país a consolidação da indústria diamantífera ficou pautada por vários momentos, destaque para a criação da Empresa Nacional de Diamantes de Angola (ENDIAMA) em 1981, actual detentora dos direitos diamantíferos; a constituição da Sociedade Mineira de Catoca em 1993; a criação da Sociedade de Comercialização de Diamantes de Angola SARL (SODIAM) e da Angola *Selling Corporation* (ASCORP), ambas destinadas a comercialização de diamantes. Em 2000 iniciou-se o Processo *Kimberley* que visa a certificação de diamantes (Endiama E.P., 2017).

Actualmente, estão identificadas mais 800 chaminés kimberlíticas, maior parte mineralizadas, onde são estimadas várias centenas de milhões de quilates em reservas diamantíferas. A Mina de Catoca é o quarto maior núcleo de kimberlito do mundo. O grande desafio desta empresa prende-se com a ampliação dos campos kimberlíticos e a legalização da produção artesanal de diamantes (Endiama E.P., 2017).

2.7.4 Ferro

A exploração de ferro em Angola ocorreu entre os anos de 1967 a 1975 na zona de Cassinga, município da Jamba, província da Huíla. A linha do caminho de ferro foi preparada com o objectivo principal de transportar o mineiro de ferro, desta localidade até a zona de Sacomar, na província do Namibe.

Durante este período foram transportados sensivelmente 6 milhões de t/ano de minério de ferro. A transportação era feita em comboios que trafegavam diariamente pelas duas linhas existentes até ao cais de descarga totalmente mecanizado. Além do minério de ferro, o CFM transportava granito, madeira e milho (Domingos Sousa [entrevista pessoal], 2017).

Com início dos conflitos armados em 1975, ficou interrupta a ligação do caminho de ferro e consequentemente a exploração deste minério terminou em Angola. Actualmente o CFM está a trabalhar na recuperação da linha férrea para o município da Jamba e segundo consta estão a ser estudadas possibilidades viáveis como a implantação de metalúrgicas e novas linhas de escoamento do minério (Domingos Sousa [entrevista pessoal], 2017).

2.7.5 Ouro

Os registos que incidem sobre a exploração de ouro demostram que zonas do país como a província da Huíla já foram alvo de exploração. Nos anos 1940 com a chegada dos portugueses na região, cuja actividade inicial era a exploração de diamante, exploração de madeira e produção de milho, passando mais tarde para a exploração de ouro. Há registos de passagem de algumas empresas, ainda no período colonial, isto é, no espaço compreendido entre 1950 a 1966, como a Sociedade Mineira do *Lombige* (SOMIL), a Companhia Mineira do Lobito (CML) dentre outras, tendo estas explorado de forma artesanal, significativas quantidades de ouro, com registo de cerca de até 500 kg desta preciosidade (Lafech Mining Resources LdaDA, 2017).

Após a passagem das empresas supramencionada, assim como de pessoas a título individual, esteve radicada na localidade do Chipindo a empresa *Colmaroy, S.A.R.L.*, que no

período compreendido entre 1966 e 1977, desencadeou uma campanha de exploração de ouro na região. A falta de registos não permite ter dados concretos da quantidade extraída. Após a intensificação do conflito armado a actividade da empresa *Colmaroy S.A.R.L.* foi interrompida não tendo mais se registado quaisquer actividades até à outorga do título de prospecção a empresa *Lafech Mining Resources, Lda* que ocorreu no ano de 2011 (Lafech Mining Resources LdaDA, 2017).

Actualmente, Angola explora principalmente petróleo, gás natural, diamantes, cimento e rochas ornamentais (subsector que tem vindo a se desenvolver fortemente). Em relação ao potencial extractivo das reservas minerais angolanas, o PLANAGEO (em curso até a data da presente dissertação) afirma que o subsolo angolano apresenta um quadro favorável no desenvolvimento de novos depósitos de minerais metálicos como ferro, manganês, titânio, cobre, chumbo, zinco, cromo, ouro, platina e urânio e de minerais industriais como fosfatos e gesso.

2.8 Enquadramento Legal

Os países instituem no âmbito da sua constituição o direito a todos os cidadãos de viver num ambiente equilibrado como base para a melhoria da qualidade de vida, estabelecendo ao poder público e aos próprios cidadãos o dever de proteger e conservar o ambiente para as presentes e futuras gerações.

Da lei constitucional são transpostos para outros diplomas legais as especificações que regulam os direitos e deveres das actividades a serem desenvolvidas num determinado território. No que diz respeito as actividades de extracção minera, de um modo geral, cada país tem sua particularidade no tratamento das concessões minerais (ver Tabela 2.6) e na gestão ambiental da mesma. Porém, alguns princípios são basilares e são cada vez mais comuns entre as sociedades *e.g.:* o princípio do poluidor – pagador, que responsabiliza todo explorador de recursos minerais a recuperar o meio ambiente degradado. Através deste princípio é possível dividir a responsabilidade pela proteção do ambiente, entre o poder público e os cidadãos.

Tabela 7 sinopse corporativa da titularidade dos recursos mineiros

País	Domínio
África do Sul	Os recursos minerais e petrolíferos estão sob custódia do Estado.
Angola	Os recursos minerais estão englobados nos recursos naturais do solo e subsolo e são propriedade originária do Estado.
Brasil	Os recursos minerais são bens da União.
Canadá	Os minerais, excepto o ouro e prata, estão incorporados à terra e pertencem ao proprietário do solo.
EUA	O direito sobre os bens minerais pertence ao proprietário do solo.
Portugal	Os recursos minerais podem ser de propriedade privada e de domínio público do Estado.
Adaptado de: (Farias & Coelho, 2002)	

Fonte: farias coelhos 2002

Em Angola, o regime jurídico aplicável ao sector geológico e mineiro é instituído pela Lei n.º31/11 de 23 de setembro, que estabelece os regimes de investimento mineiro no sector da geologia e minas. Esta lei, institui ainda a obrigatoriedade da elaboração da AIA, como condição prévia para a obtenção dos direitos mineiros na fase de exploração.

Sobre o domínio ambiental, o quadro normativo aplicável está sujeito a Lei n.º5/98 de 19 de Junho, 1998 - Lei de Bases de Ambiente. Esta, estabelece que um dos principais instrumentos de gestão ambiental é a AIA cujo objectivo fundamental é o de aferir as incidências que determinados projectos públicos e privados possam ter sobre o ambiente, com base em Estudos de Impacte Ambiental (EIA) previamente elaborados.

O Decreto n.º51/04 de 23 de Julho, estabelece o conjunto de procedimentos que devem ser seguidos na elaboração dos EIA, assim sendo, para a elaboração do EIA de projectos de mineração os mesmos estão sujeitos a um Termo de Referência (TDR) específico.

2. 9 Paradigma Da Mineração Sustentável

Antes de mais é conveniente elucidar que o sector mineiro tem aspectos próprios que caracterizam de forma insustentável as suas actividades. O aproveitamento de um recurso

não renovável e a produção de milhões de toneladas de resíduos, são alguns destes aspectos. Contudo, as organizações têm apostado em técnicas de análise ambiental como forma de assegurar que indústria extractiva crie um vínculo de processos técnicos com melhores práticas de protecção ambiental.

Para muitas empresas, a sustentabilidade deste sector está somente na identificação e compensação de impactes ambientais que na maioria das vezes, os mesmos alegam que são temporários e localizados apenas na área da actividade e que os benefícios socioeconómicos são em maior proporção, a partir da percepção de que o uso dos recursos minerais é elementar para o desenvolvimento económico do país e a melhoria do bem-estar das sociedades através da criação de postos de trabalhos.

O desenvolvimento sustentável para a mineração, significa um conceito de necessidades, uma ideia de limitações e um paradigma orientado para o futuro e um processo de mudança. Os investimentos ambientalmente saudáveis e socialmente responsáveis. A estratégia de incorporação envolvida na extracção de recursos não renováveis passou por uma crescente pressão para incorporar o conceito de sustentabilidade na tomada de decisões estratégicas de processos e operações. O desenvolvimento económico, o impacte ambiental e as responsabilidades sociais devem ser bem geridos e deve existir relações produtivas entre o governo, as organizações não governamentais, a indústria e as partes interessadas (Kumar, 2014).

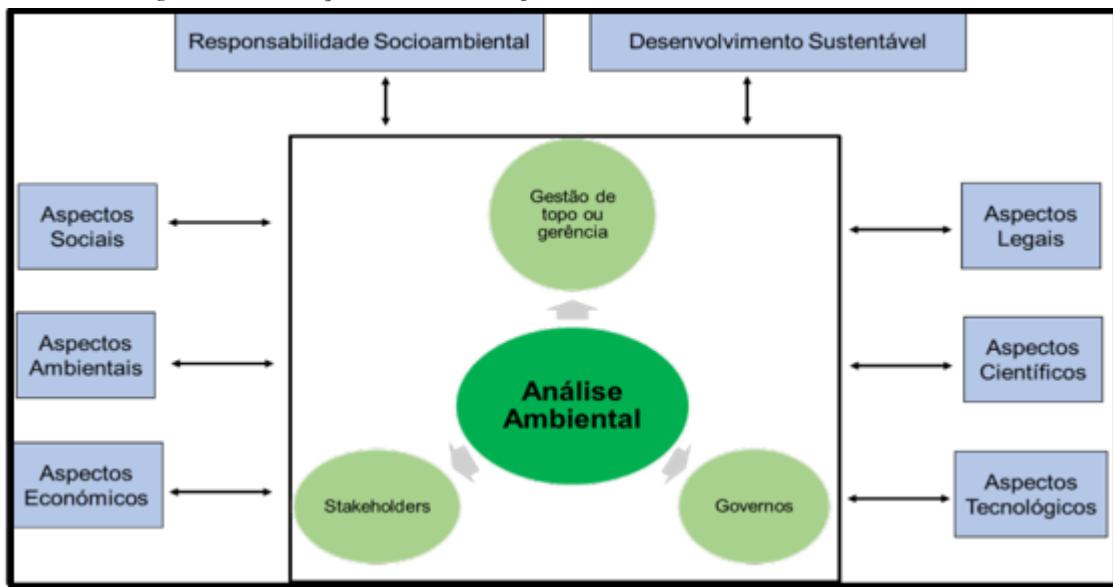
2.9.1 Técnicas de análise ambiental

As técnicas de análise ambiental têm relação com a economia e o uso do ambiente. As mesmas visam construir um processo de disseminação de informações que auxiliam na tomada de decisões, envolvendo as partes interessadas, aumentando a responsabilidade social e ambiental (minimizando os impactes negativos), e maximizando os benefícios .

Metodologia e formula de calculo do grau de impacto ambiental

- FORMULA DO GRAU DE IMPACTO: **GI=ISB+CAP+IUC**
- **FORMULA DO IMPACTO BIODIVERSIDADE**
ISB=IM*IB(IA+IT):140

Figure 16 interação entre os componentes de análise ambiental



Fonte:videira 2015

A UNEP, 2004 propõe a avaliação ambiental integrada para identificar e avaliar problemas ambientais, produzindo indicadores ambientais e informações relevantes para a política ambiental, orientadas para o futuro, sobre as principais interações entre o ambiente e a sociedade humana.

O uso de ferramentas como, o sistema de gestão ambiental (SGA), avaliação de risco, análise de ciclo de vida, gestão e controlo de qualidade ambiental, análise custo/benefício, guias de boas práticas são usualmente conhecidas pelas organizações. A gestão ambiental representa a tomada de acções concretas, implementadas para fazer face aos problemas ambientais através de instrumentos.

CAPITULO III- CASO DE ESTUDO

3.1 Caracterização do caso de estudo

Após a caracterização do sector mineiro em Angola, procedeu-se a selecção de um caso de estudo. Em conjunto com a empresa pública Ferrangol selecionou-se o projecto de extração do minério aurífero aluvionar da Jazida na Mineira na localidade do Chipindo, propriedade da empresa LAFECH MINING RESOURCES-LDA. Foram analisados os principais instrumentos do projecto, nomeadamente, o plano de exploração e o EIA.

3.2 Tratamento de dados e resultados

A partir dos instrumentos fornecidos, efectuou-se uma análise comparativa da literatura internacional – dos procedimentos do projecto – do EIA. A partir desta análise foram distinguidas as potenciais fontes de impactes no projecto do Chipindo, tendo em consideração as características do local, as técnicas e equipamentos selecionados.

Uma vez que o empreendimento ainda não está em funcionamento e alguns dados carecem de ajustes, houve a necessidade de se assumir pressupostos fundamentais para assegurar a argumentação técnica, sobretudo para o fluxo de materiais, recursos hídricos, resíduos sólidos e efluentes. Assim sendo:

3.3 Exploração aurífera da mina de Chipindo

3.3.1 Apresentação da empresa

A empresa chinesa, que é a responsável pela exploração e desenvolvimento da mina.

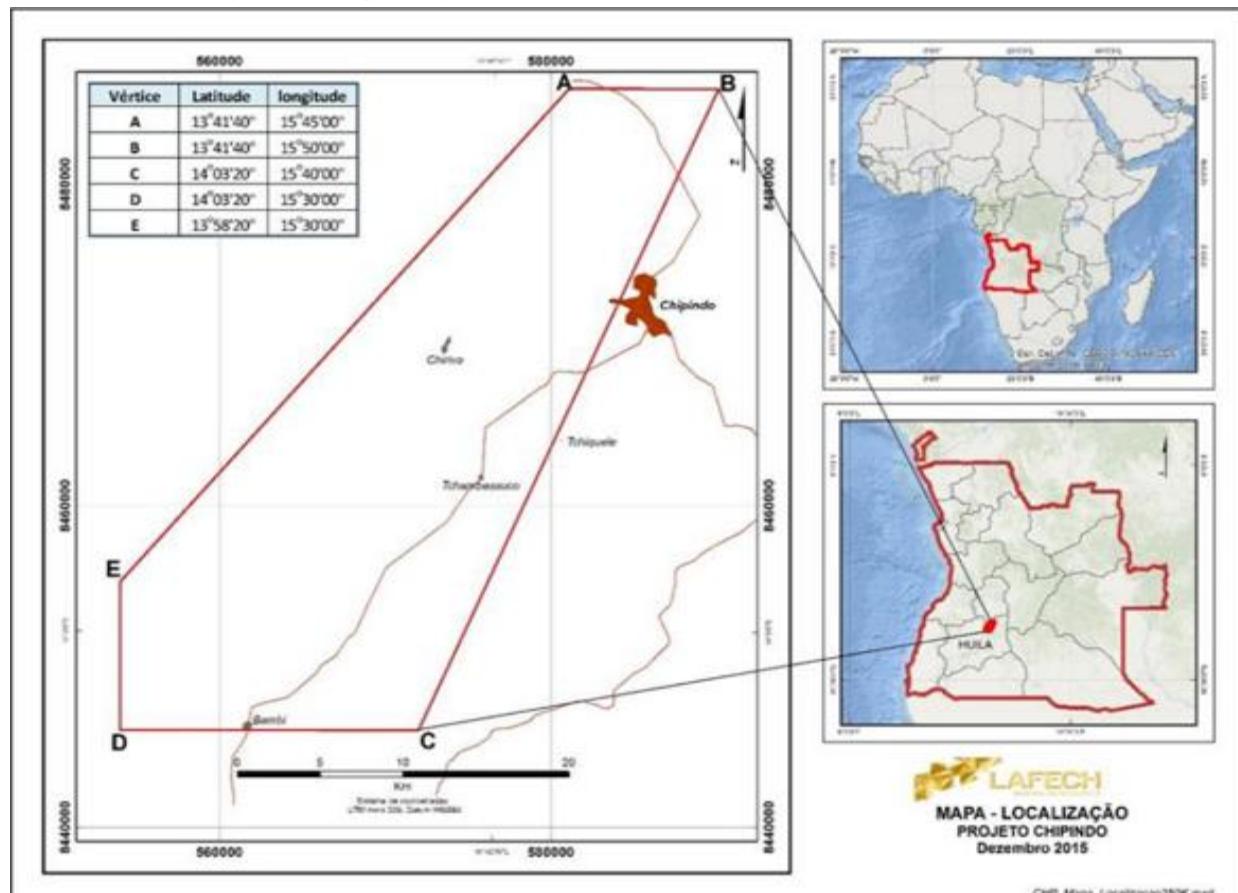
Reserva: Cerca de 1,5 milhões de toneladas em depósito primário de ouro.

Produção estimada: Espera-se que a mina produz cerca de 53,6 milhões de onças de ouro por ano, com uma receita de 64 milhões de dólares. Com uma capacidade de 150 toneladas de mineiro de hora processado em um aluvião varia entre 0,15 á 0,40 gramas de ouro por tonelada. E o teor médio é de 0,5 g/t. a empresa pretende atingir uma extração de 13 mil toneladas de mineiro.

3.4 caracterização do município do chipindo

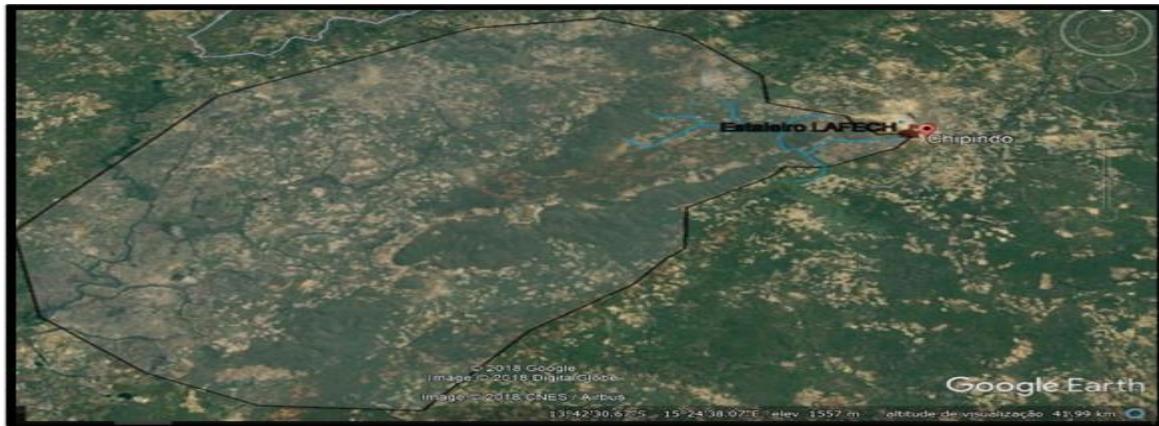
O projecto de exploração de ouro no Chipindo, situa-se na zona da Chiriva, 35 km a sul da sede do município de Chipindo, província da Huíla, a sul de Angola

Figura 19:map da rejião



Fonte:Lafech Mining 2017

Figura 22 fotografia a eira da área de estudo



Fonte: Google Earth (2018)

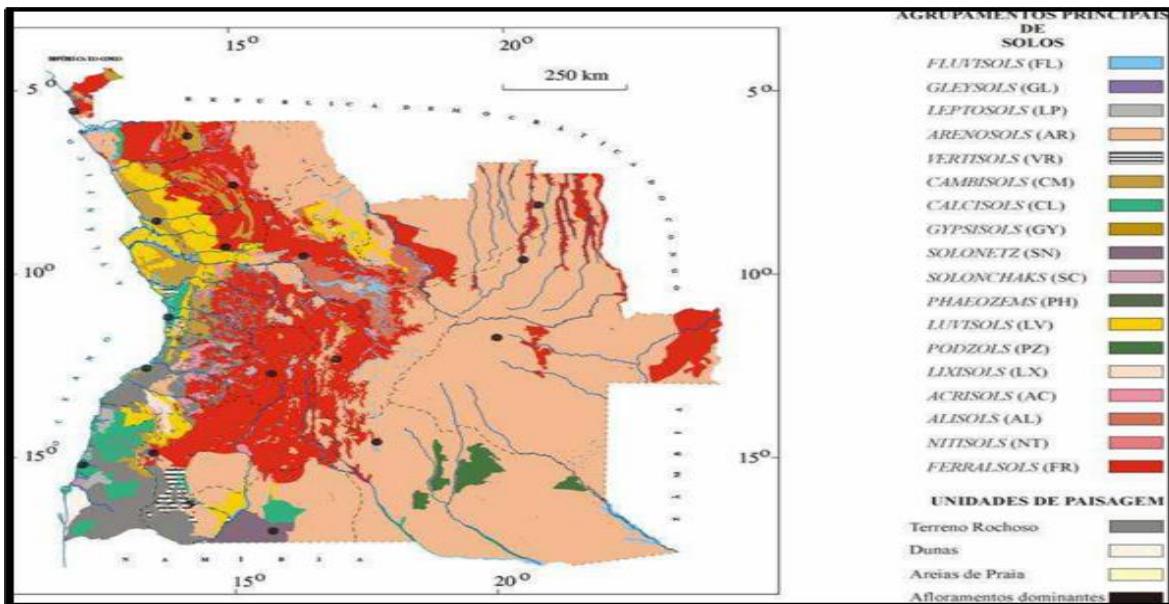
Segundo (Diniz, 1998), o território do município do Chipindo, está introduzido na cadeia marginal de montanhas, correspondente a um conjunto montanhoso de níveis residuais cujo as superfícies atingem os 2 100 – 2 200 metros.

A geologia desta região, está inserida nos depósitos quaternários: aluviões de formações continentais do cenozoico e nos gnaisses e granitos associados do mesozoico.

Quanto aos solos, predominam na região solos ferralíticos, conforme podemos observar na carta de solo apresentada na Figura 4.3.

Estes solos, apresentam uma textura fina, em tons avermelhados, associados normalmente, a uma alta percentagem de argila, em que as formas minerais de ferro e alumínio têm um papel preponderante (Sertoli, 2009). Na Figura 4.4 é possível ver algumas destas características.

Figure 25 versão simplificada da carta de solo de Angola



Fonte: (Ricardo, Raposo, & Madeira, 2014)

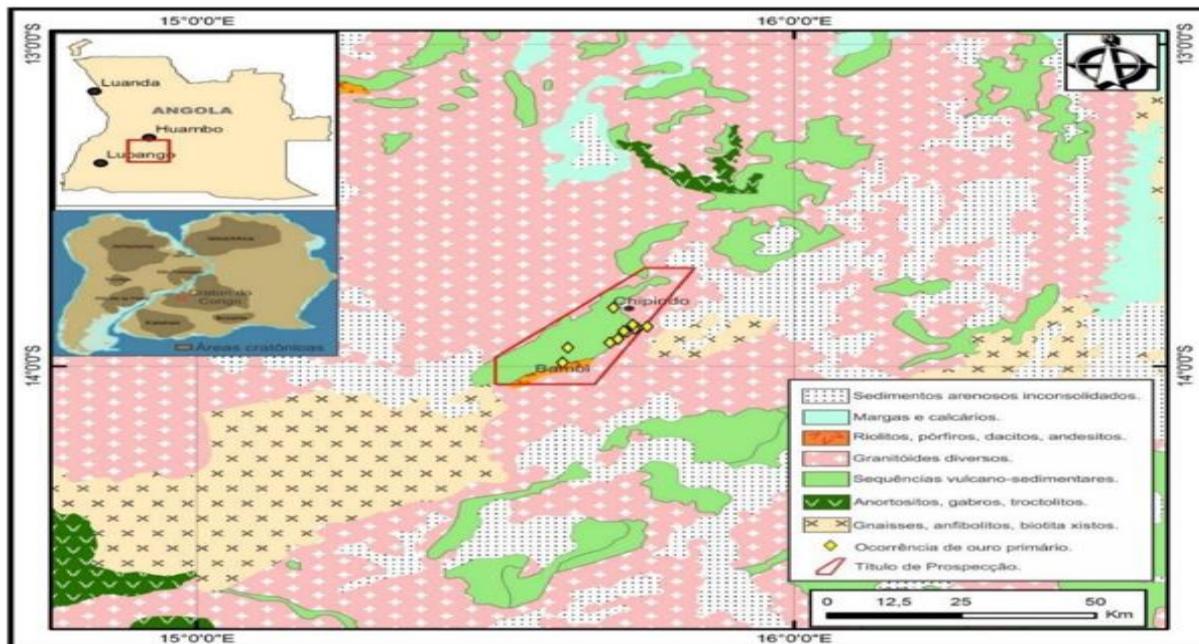
Figura 28 fisionomia dos solos na zona de chiriva chipindo



Fonte: fevereiro de 2018

A geologia regional em torno da concessão é caracterizada por terrenos de rochas granitoides de idade e composição diversas, ocorrendo inclusos domínios isolados com rochas de natureza vulcana-sedimenta

Figura 31 mapa geológico regional da concessão mineira do chipindo



Fonte: Lafch Mining Resources, Lda (2017)

Quanto ao clima da região, predominam duas estações, sendo a húmida entre os meses de outubro a abril (verão) e a seca entre maio a setembro (inverno). A temperatura média máxima anual são de 28 °C e a mínima é de 8 °C. A precipitação é em média anual de 1 200 mm (Diniz, 1998).

Com uma vegetação de mata pouco densa, associada a arbustos ou árvores de médio e pequeno porte denominadas matas de panda, a região é caracterizada ainda pela existência de rios que atravessam quase toda a concessão, na sua maioria afluentes do Rio Cunene conforme.

Figura 34 aspecto da vegetação e um dos troços do rio Tchissõe (Fevereiro de 2018)



Fonte: larfech

O município do Chipindo tem uma extensão de 3 898 km² e uma densidade populacional de 64 714 habitantes, distribuídos pelas duas comunas. A agropecuária é a principal actividade, destacando-se a produção de cereais e outros produtos agrícolas assim como a criação de gado bovino (Instituto Nacional de Estatística de Angola, 2014).

Até a data da elaboração desta dissertação existiam no município: 53 escolas (11 definitivas), 1 centro médico, 6 postos de saúde, 1 mercado municipal. A maior parte das infraestruturas do município foram destruídas durante o conflito armado que assolou o país, por mais de 25 anos, apresentando-se por isso bastante deficitário. O acesso até a sede do município é feito a partir das estradas que ligam as cidades do Huambo e Lubango, que se encontram parcialmente asfaltadas, os principais acessos a área de concessão são terraplanados, mas com necessidade de intervenção (Domingos Bamba [entrevista pessoal], 2018).

O município não tem um plano director que define o quadro estratégico de desenvolvimento territorial. O mesmo, carece também de um sistema de tratamento e abastecimento de água e de energia elétrica, pois depende de um gerador que fornece energia apenas das 18h à meia noite. No campo das telecomunicações, Chipindo conta com a rede

Unitel, cujo sinal cobre apenas uma abrangência maior na sede municipal. Faltam no município, agências bancárias, transportadoras de passageiros e mercadorias, bem como outras estruturas básicas como oficinas, recauchutagens, entre outros (Domingos Bamba [entrevista pessoal], 2018).

- **Cálculo de compensação ambiental**

A compensação ambiental: é calculada para projecto que impacta o meio ambiente utilizando uma fórmula que considera o custo do projecto e o grau de impacto.

- **Cálculo do custo do impacto ambiental**

$$\mathbf{CA = VR \cdot GI / 100}$$

CA= VALOR DA COMPENSACAO AMBIENTA

VR= CUSTO TOTALDO IMPACTE

GI= GRAU DE IMPACTE

$$\mathbf{CA = \frac{13 \text{ MILHOES USD.77,4}}{100} = 10,062 \text{ usd}}$$

- **FORMULA DO GRAU DE IMPACTO**

$$\mathbf{GI = ISB + CAP + IUC}$$

- **FORMULA DO COMPRIMENTIMENTO DA ARIA PRIORITARIA**

$$\mathbf{CAP = IM \cdot ICAP \cdot IT : 70}$$

IM-INDICE MAGNITUDE

ICAP- INDICE DA ARIA PRIORITARIA

IT-INDICE TEMPORALIDADE

CAPITULO IV. RESULTADO E DISCUSSÕES

4.1 Processo de exploração

O projecto de exploração da Mineira, conforme é designado pela *Lafech*, trata-se de uma exploração a céu aberto de minério aluvionar de ouro, com uma estimativa de produção de 800 t/dia de minério (cascalho), com uma capacidade de processamento na ordem dos 571 m³/dia. A recuperação metalúrgica está estimada em 70% , os restantes 30% são considerados perdas. O material apresenta

um teor de 0.40 g/m³ de ouro, o que pressupõe uma recuperação de 327 g/dia de Au, conforme Tabela.

Tabela 9 estimativa de reservas de minério de ouro

Características do minério nas minas de Chipindo			Capacidade de processamento				Minério recuperado		
Au (g/m ³)	Vol. (m ³)	Au	(kg)	(t/dia)	(t/ano)	(m ³ /dia)	(m ³ /ano)	(g/dia)	(kg/dia)
Min Max Med.									
0,1 0,25	0,18 260 450	46	800	292 000	571	208 571	327	0,33	
0,25 0,5	0,38 335 913	126							
± 0,5	1 0,75	73 825	55						
1 1,27	1,14	71 088	81						
Total	741 276	308							

Adaptado de: *Lafech Mining Resources, Lda (2017)*

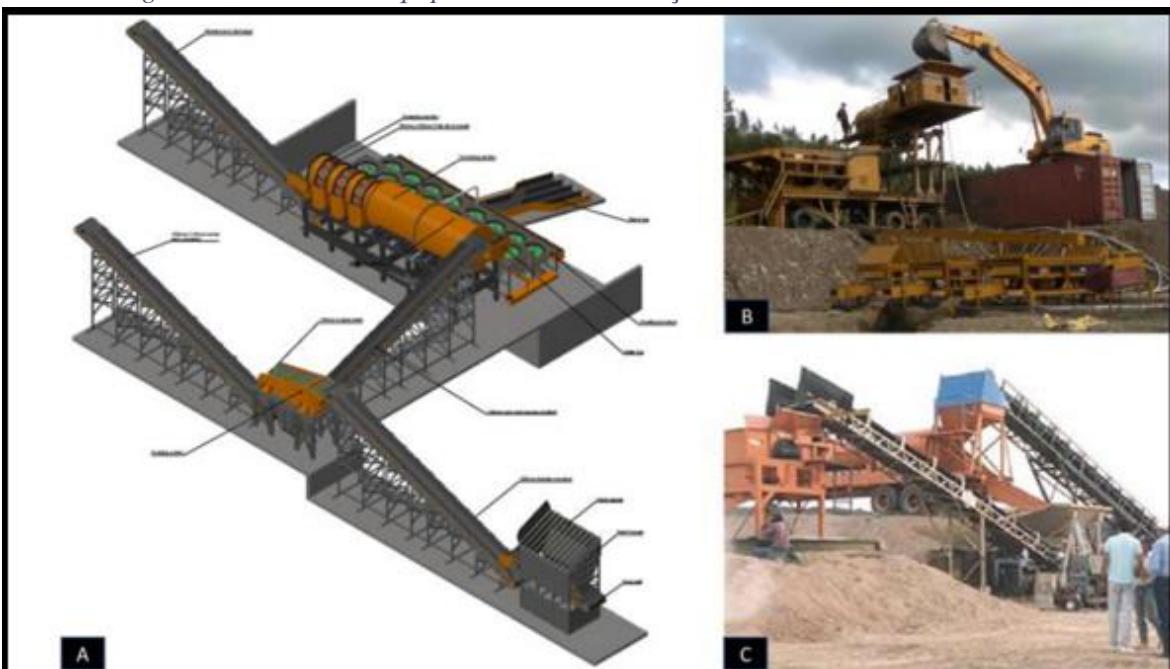
Inicialmente o projecto contempla um processo físico, ou seja, hidrogravimétrico – processo de separação de materiais segundo a sua densidade com uso de água. Com a ampliação do projecto, a empresa prevê o desenvolvimento de um processo físico-químico para o tratamento ou beneficiamento do minério primário após a lavagem. Decorrem os estudos da técnica a ser implementada para essa fase do projecto.

4.2 Método de lavra e tratamento do minério

A empresa selecionou o método de lavra por tiras (*strip mining*), justificada pela característica da faixa mineralizada da jazida que se apresenta em camadas horizontais. Os parâmetros para estas fases, foram equacionados com a previsão de ampliação para o

A segunda etapa, corresponde ao desmonte da rocha, que será feito de forma mecânica com a utilização de trator *Buldozzer* do tipo D8 e posteriormente depositado em um equipamento denominado *Deimang Wash Plant* – máquina de lavagem de minério de ouro (ver Figura 4.7), que deverá trabalhar em sistema continuo por 16h. A energia para este equipamento e para o projecto todo, será assegurada por um conjunto de geradores, trifásico, a diesel, de 150kva, com uma autonomia de 20horas.

Figura 37 modelos de equipamentos de mineração



Fonte: lafesch 2014

Este equipamento visa separar o ouro do cascalho com auxílio de água. Estimam - se que sejam gastos 35m³/hora de água, no entanto, este gasto poderá ser maior. O aprovisionamento de água para a mina será feito a partir do rio Tchissõe, principal linha de água dentro da área de concessão, com um caudal de 18m³/s.

As principais operações inerentes ao processo produtivo são descritas a seguir:

- Desagregação com monitores hidráulicos nos silos, seguindo por gravidade para calhas concentradoras, onde será obtido um primeiro lote de concentrado;

- O rejeito das calhas concentradoras será conduzido por gravidade para os concentradores- centrífugos, com o objectivo de se obter um segundo lote de concentrado;
- O rejeito final será bombeado para recomposição dos sítios escavados, sendo que futuramente poderá ser aplicado a este, um processo de CIL.

4.3 Infraestruturas de apoio

Para o desenvolvimento do projecto Chipindo foi instalado um acampamento com capacidade de albergar mais de 45 pessoas, composto por dormitórios, escritórios, refeitório, posto de primeiros socorros e cozinha, assim como área de lazer e recreação; uma área para parqueamento de veículos pesados e ligeiros; uma oficina para lavagem e manutenção de veículos; uma unidade de abastecimento de combustíveis e uma pequena central térmica para geração de energia eléctrica.

4.4 Tratamento e distribuição de água

A água para abastecimento da mina será captada no rio Tchissõe e armazenada em uma albufeira na margem do rio (Figura 4.8). O aprovisionamento será sobretudo para extração do minério, central de tratamento de minério, instalações auxiliares na frente de lavra, área residencial e aspersão de estradas de terra batida durante os períodos seco. Está prevista a instalação de uma estação de tratamento de água (ETA) por osmose inversa para tratar a água para o consumo humano.

4.5 Drenagem e efluentes

Os efluentes gerados na mina serão maioritariamente de duas origens (Figura 4.8):

Águas provenientes do processo produtivo na lavaria e que são encaminhadas para a barragem de rejeito com um sistema de tratamento (depuração em clarificador) e após tratamento, conduzido para o rio Tchissõe.

Águas de escorrência superficial que atravessam toda a área mineira e que serão encaminhadas e recolhidas numa bacia de águas pluviais, posteriormente utilizada para abastecimento do circuito produtivo da lavaria;

4.6 Barragem de rejeitados

O dimensionamento desta barragem prevê a sua instalação numa área vedada, nas imediações da futura lavaria para depósito dos resíduos finos provenientes do circuito produtivo de tratamento e beneficiamento do minério.

Esta estrutura geológica, será construída com material estéril grosseiro proveniente da mina, revestida com uma geomembrana de 1,5 mm de espessura composta por um polietileno de alta densidade (PEAD) de forma a impermeabilizar a bacia, minimizando-se as infiltrações no solo. Estão previstas bacias de águas, mas não serão revestidas, taludes de jusante que serão protegidos com *Rip-Rap* e a instalação de compartimentos de recolha de escorrências ao longo do perímetro da barragem. Estão previstas três (3) barragem de rejeitos, instaladas em estágios e construídas pelo método de alteamento a jusante. Cada barragem terá uma capacidade de armazenamento de 40 000 m³ com um sistema *Dewatering*, estima-se uma vida útil de até 5 anos para cada barragem.

Para a fase de encerramento e recuperação paisagística desta estrutura, o projecto prevê alguns objectivos mínimos de prevenção de acordo com as “melhores práticas” internacionais. O plano de encerramento será desenvolvido durante o tempo de vida da instalação. No entanto, a empresa já definiu alguns princípios básicos, nomeadamente:

4.7 Plano de encerramento da mina

Este instrumento será elaborado de forma paulatina e ajustada conforme as necessidades do projeto a cada etapa, no final do tempo de vida útil da mina, será então apresentado o plano de encerramento final, que dará cumprimento à regulamentação oficial de Angola, no referente à constituição de provisão para a recuperação paisagística dos terrenos, permitindo o cálculo da dotação anual de provisão.

A *Lafech* pretende que, no futuro, a terra perturbada pela mina sirva para o uso pastoril e agrícola, e a recuperação paisagística, recorrer à instalação de espécies autóctones perfeitamente integradas na flora local e regional, para permitir a resiliência da área intervencionada; e os edifícios da mina ficarão disponíveis para negócios locais e os equipamentos serão todos vendidos. Os rendimentos serão usados para a recuperação paisagística.

Com base no plano de gestão ambiental definido pelo EIA, a empresa adoptará as linhas de orientação da Norma ISO 14001 como ferramenta para a implementação de um SGA, mas não como objectivo de obter a certificação do sistema. Este, compreenderá o plano operacional de ambiente, plano de monitorização ambiental, planos de emergência específicos do ambiente e plano de formação.

A responsabilidade última do desempenho ambiental é do conselho de supervisão da empresa. Em termos organizacionais existirá uma comissão directora de ambiente, que reunirá no mínimo duas vezes por ano para avaliar a situação ambiental da empresa e preparar os planos de correcção sendo membros desta, todos os directores e o responsável de ambiente. Será desenvolvido plano de auditorias internas com periodicidade a definir e uma auditoria externa anual cujas conclusões e propostas de correcção serão submetidas à administração da *Lafech*.

4.8 Avaliação de impactes ambientais

No âmbito da AIA, a *Lafech* contratou a Sociedade de Consultoria e Gestão Ambiental, Lda. (SOCEA), entidade consultora que, com base em estudos, recolha de informação e análise de possíveis alternativas, elaborou o EIA, que teve como objectivo, identificar eventuais efeitos ambientais do projecto nos principais descritores ambientais definidos para cada fase do projecto. O estudo apresentou também um conjunto de medidas que visam minimizar e/ou compensar esses efeitos.

Importa mencionar que o período de execução do projecto de exploração da jazida da Mineira é de cerca de 6 anos, dos quais o primeiro será de implantação das infraestruturas necessárias à exploração (já instaladas até a data deste estudo) e os restantes 5 anos serão

dedicados à produção propriamente dita. Assim, o EIA, considerou três (3) fases para o projecto, sendo: implantação, operação e desativação. Não foi considerada a fase de desmantelamento das infraestruturas do projecto, sob justificação do prolongamento do projecto, uma vez que se perspectivam actividades de prospecção e pesquisa para identificação de reservas a explorar nas restantes jazidas já identificadas.

1. Para a análise dos impactes gerados pelo projecto, o EIA definiu os seguintes parâmetros:
2. Natureza: os impactes foram considerados como impactes positivos, negativos ou nulos;
3. Ordem: os impactes foram classificados como impactes diretos ou indiretos
Prazo: foram considerados impactes imediatos e a médio e longo prazos;
Duração: os impactes foram avaliados segundo o seu carácter permanente ou temporário;
4. Significado: os impactes foram classificados como pouco significativos, significativos ou muito significativos.

Em síntese, apresentaremos os impactes analisados e classificados como negativos em relação aos descritores ambientais primordiais e que deverão ser monitorizados pela empresa, no entanto, esta dissertação não pretende ser um extrato fiel do EIA, e sendo este (EIA) um estudo bastante exaustivo, selecionamos unicamente os impactes na qual a literatura determina como relevantes e que mais afetação demostram.

A fase de implantação do empreendimento constitui o início das influências (Tabela 4.2) do empreendimento no ambiente. Proceder-se-á a construção das instalações sociais e de apoio das infraestruturas dos sistemas de abastecimento de água, da unidade de tratamento e beneficiação do minério (lavaria), da construção da barragem de rejeitados e à melhoria dos acessos até a mina

Table 11 síntese de impacto da fase de implantação

Descriptores ambientais	Potenciais impactes	Relevância
+	Ar	Acumulação de poeiras;
		Aumento da concentração de material particulado na atmosfera;
	Solo	Eliminação do coberto vegetal existente (desmatação e decapagem do solo);
		Destrução da camada superficial do solo;
	Flora e Vegetação	Alteração ou eliminação de populações vegetais com diminuição da biodiversidade da área de projecto;
		Eliminação e fragmentação de habitats;
		Alteração da vegetação pela deposição
	Fauna	de material particulado;
		Eliminação e fragmentação de habitats;
		Perturbação de espécies animais;
	Paisagem	Mortalidade de espécies animais;
		Alteração do uso do solo;
		Destrução da vegetação, coberto vegetal e desestruturação e contraste da paisagem;

Fonte : Adaptado de: (Sociedade de Consultoria e Gestão Ambiental, 2017)

Na fase de operação, executar-se-á a exploração a céu aberto, com o desenvolvimento das operações de desmonte, escavação do maciço rochoso e tratamento ou beneficiamento do minério. A Tabela apresenta a descrição dos potenciais impactes ambientais negativos.

Table 13 síntese de impacto da fase de operação

Fase	Descritores ambientais	Potenciais impactes	Relevância
		Contaminação dos solos por roturas na barragem de rejeitados;	Impactes negativos, diretos e imediatos, temporários e reversíveis;
		Flora e Vegetação	Impactes negativos, diretos, imediatos, temporários e significativos;
	Fauna	Alteração da vegetação pela deposição de material particulado; Introdução de espécies exóticas e invasoras; Perturbação de espécies animais;	Impactes negativos, diretos, imediatos, temporários e significativos;
		Mortalidade de espécies animais; Acumulação de substâncias tóxicas nas cadeias alimentares;	Impactes negativos, diretos, imediatos, temporários e significativos;
	Paisagem	Grandes áreas escavadas, criação de lagoas, parques de mineração;	Impactes negativos, diretos, imediatos, temporários e significativos;

Fonte: Adaptado de: (Sociedade de Consultoria e Gestão Ambiental, 2017)

A fase de desactivação da mina, será desenvolvida segundo um plano de encerramento que envolve a recuperação paisagística dos terrenos com objectivo de devolver a área o uso pastoril e agrícola original. Assim sendo, o EIA analisou e classificou os impactes desta etapa segundo as principais tarefas e as medidas de mitigação e compensação que serão implementadas, apresentamos um resumo dos impactes avaliados.

Para o descritor do ambiente sonoro, o EIA apresenta uma classificação generalizada das três fases descritas anteriormente. Do ponto de vista deste descritor, os impactes serão negativos, pouco significativos, directos, temporários (ocorrendo apenas durante a laboração da mina) e reversíveis (com o encerramento e recuperação da área de exploração).

Foram também analisados os impactes para o descritor socioeconómico, que segundo EIA, o empreendimento se traduzirá em impactes socioeconómicos positivos para o município do Chipindo. Prevê-se um aumento de postos de emprego para as populações locais e outras vindas de outras regiões do país, assim, pressupõe-se que haverá dinamização da economia local e a procura de bens alimentares e alojamentos vai estimular a oferta, uma vez que no município não existem alojamentos nem estabelecimentos comerciais. A procura vai também maximizar a produção de alimentos em lavras criadas pelas famílias dos trabalhadores.

Em suma, considerou-se que o projecto não irá perturbar o quotidiano das populações ou dos utentes das vias de comunicação; será geradora de benefícios significativos para o emprego, dinamização do sector da construção civil e de fabrico; comercialização de máquinas e equipamentos, neste caso de âmbito regional, nacional e internacional.

4.8.1 Recursos hídricos

A necessidade hídrica é um dos principais critérios em mineração podendo condicionar a lavra e inviabilizar um empreendimento mineiro. Por esse motivo é absolutamente necessário adequar a operação e a sua interação com a água. A preocupação com o abastecimento de água para as operações, leva a que se adequa primeiro a origem da água e segundo os problemas de poluição a que este descritor ambiental passa a estar sujeito.

De forma a perceber as condicionantes deste projecto nos recursos hídricos foi elaborada uma análise quantitativa por estimativas dos principais fluxos. Para tal, foram considerados os pormenores técnicos definidos pela empresa operadora, os impactes, as medidas de mitigação e compensação descritos pelo EIA.

Inicialmente foi necessário estimar o volume total de água para as actividades e a capacidade de escoamento do rio Tchissõe. Uma vez que estes dados não constam dos documentos analisados e o EIA faz referência do impacte do projecto no caudal do rio Tchissõe, julgou-se imprescindível analisar o referido impacte ambiental.

A operadora definiu dois estágios de desenvolvimento do projecto, a partir de cenários avaliou-se as alternativas. Num primeiro estágio são necessários 35 m³/h, prevendo que a lavaria opere em dois turnos de 8 horas cada e 5 dias por semana. Com a previsão de aumento gradual na produção, chegar-se-á ao segundo estágio, onde se perspectiva a operação em três turnos de 8 horas cada, 7 dias por semana e com necessidades em torno dos 100m³/h. Assim sendo, serão captados diariamente 560m³ e 2 400m³, respetivamente, para os dois estágios.

Para o fornecimento de água, é fundamental que se considere a distribuição das necessidades para as operações, instalações, rega e controle de poeiras, devendo para tal ser dimensionado de maneiras a que não comprometa a exploração. A empresa considerou para os dois estágios do empreendimento que 80% da água captada servirá a lavaria e tratamento do minério e os restantes 20% para as instalações auxiliares. Assim sendo, para a lavagem do minério serão gastos: 448m³/dia no primeiro estágio e 1 920 m³/dia no segundo estágio.

A Tabela expressa os resultados obtidos para os cenários elaborados no âmbito desta dissertação. No entanto, se a operadora vier a considerar o percentual de distribuições aqui apresentada, obterá necessidades na ordem dos 24.5 m³/h e 70 m³/h para os respetivos estágios

O EIA prevê um impacte ambiental negativo, temporário e reversível no caudal do rio Tchissõe, a jusante da tomada de água para abastecimento da mina, com alcance geográfico compreendido a área da mina. Considerar a redução de caudal – impacte negativo – representa uma mais valia, no entanto, o EIA não demonstra a disponibilidade futura deste curso de água, nem a real influência das barragens a serem construídas. Estão previstas duas barragens, uma que recolherá água directamente do rio Tchissõe e uma outra que reterá águas de escoamento superficial.

Com objectivo de demonstrar o impacte nos recursos hídricos, estimou-se a disponibilidade do rio Tchissõe com recurso aos dados pluviométricos dos registos meteorológicos de Angola de 1975. A estação selecionada para obtenção dos dados foi a do

município da Jamba. A proximidade entre os municípios de Chipindo e Jamba foi o critério de selecção.

Foi necessário estimar a área da bacia correspondente a secção do rio Tchissõe e assumir coeficientes de escoamento para os cálculos. A partir dos valores médios mensais de precipitação, obtivemos o volume de precipitação total que contribui para o escoamento do rio Tchissõe.

Importa referir que existe défice de dados pluviométricos para Angola. Para algumas estações os dados estão condicionados a séries bastante reduzidas e mesmo quando as séries são mais longas, na maioria das vezes há falhas de dados em quase todos os anos.

Os dados extraídos dos registos da estação da Jamba apresentam muitas condicionantes, nomeadamente, registos de precipitação anuais baixos devido a falha de recolha de dados e série bastante reduzida, não sendo suficiente para se fazer afirmações hidrológicas.

O objectivo de usar os dados nas condições mencionadas anteriormente é de demonstrar a importância do conhecimento hidrológico para avaliação da disponibilidade dos recursos hídricos e a influência de projectos mineiros neste descritor ambiental

Segundo as estimativas, apenas 4% do escoamento total do rio servirão para o aprovisionamento do projecto. Este valor é ilusório se ignorarmos os resultados obtidos para os meses de junho, julho e agosto. A não consideração de necessidades hídricas simultâneas (e.g.: captação per capita, evapotranspiração potencial, agricultura) pode influenciar este resultado.

Outra avaliação que pode ainda ser feita é verificar os resultados para os meses de transição entre época chuvosa e época seca. Os resultados nos meses de maio e setembro estão sujeitos a valores mais reduzido para os anos mais secos.

É evidente que existem anos menos chuvosos e nestes o efeito no escoamento do rio é maior. Quanto menos precipitação se registar mais susceptível está o rio Tchissõe. Ao longo

dos anos o comportamento da precipitação é variável e este deve-se a diversos factores. Uma demonstração da série de dados utilizada serve para ajudar a compreender a variabilidade a que este parâmetro está sujeito

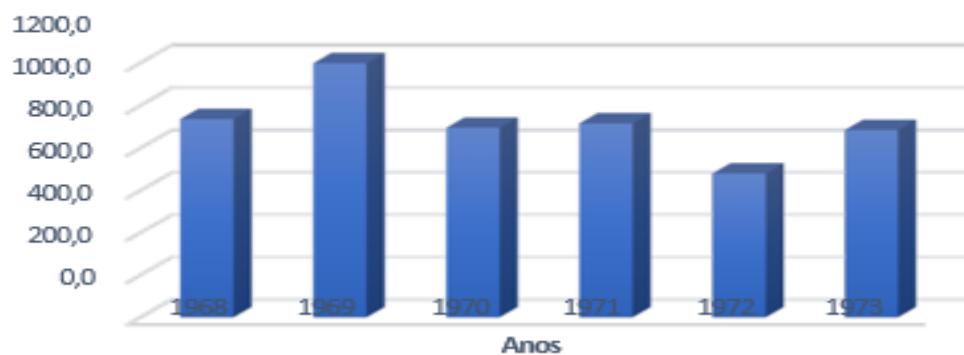
Tabela 15 estimativa da disponibilidade do rio Tchissõe

Rio Tchissõe	Secção da Ponte LAFECH	Escoamento			Necessidades hídrica do projecto	Disponibilidade do rio
Meses	mm	Área da bacia km ²	Coef. esc.	m ³ /mês	m ³ /mês	m ³ /mês
Janeiro	196,6	130	0,2	5 094 240	73 200	5 021 040
Fevereiro	155,6		0,2	4 032 634	73 200	3 959 434
Março	201,8		0,2	5 228 992	73 200	5 155 792
Abril	71,5		0,2	1 853 275	73 200	1 780 075
Maio	5,3		0,16	110 220	73 200	37 020
Junho	0,0		0,16	0	73 200	-73 200
Julho	0,0		0,16	0	73 200	-73 200
Agosto	0,0		0,16	0	73 200	-73 200
Setembro	0,9		0,16	18 312	73 200	-54 888
Outubro	49,2		0,18	1 148 245	73 200	1 075 045
Novembro	82,6		0,2	2 141 352	73 200	2 068 152
Dezembro	154,6		0,2	4 005 856	73 200	3 932 656
		Total		23 633 127	878 400	4%

fonte: ministério do ambiente

Tabela 17 : jamba do chipindo

Jamba



Fonte: ministério do ambiente

Para que se possa garantir o caudal ecológico do rio e mitigar o impacte no caudal do rio, o projecto prevê a instalação de uma barragem para armazenar água ao longo dos meses chuvosos e assim suprir o défice nos meses em que não se regista precipitação.

Os aspectos relacionados com a barragem de águas pluviais não são apresentados nem pelo plano de exploração nem pelo EIA, logo, julgou-se conveniente estimar a capacidade da albufeira e identificar os aspectos que contribuem para o impacte desta estrutura no ambiente.

Usou – se o critério de dimensionamento da capacidade útil das albufeiras em função das necessidades e expectativas de afluência. O princípio deste cálculo é igual em Portugal e Angola. Em síntese, a capacidade da albufeira deverá ser aquela que satisfaça a necessidade a que esta se destina com uma garantia de 100% para ano médio.

A capacidade de armazenamento deverá ser o dobro do défice total de precipitação conforme podemos verificar na Tabela.

Tabela 19 cálculo da capacidade da albufeira do projecto

Meses	Necessidades hídrica do projecto m ³ /mês	Capacidade albufeira m ³
Junho	73 200	
Julho	73 200	
Agosto	73 200	
Setembro	73 200	
Total	292 800	585 600

É expectável que a construção uma barragem que segundo as estimativas aqui apresentadas deverá armazenar 585 600 m³, traga um contributo directo na redução de água captada directamente do rio Tchissõe. Entretanto, a localização e os níveis de operação (nível máximo de cheias e nível mínimo de exploração), que não são apresentadas em projecto, são determinantes no impacte que esta estrutura pode impor ao ambiente local.

4.8.2 Amostras recolhidas e resultados

A partir de análises laboratoriais das amostras de água recolhidas durante o trabalho de campo, num dos pontos de captação de água, a jusante da área onde será implantada a mina determinou-se que a água do rio Tchissõe é neutra, com pH de 6.

A determinação do pH, foi considerada primordial por constituir um parâmetro a ser analisado periodicamente durante a monitorização dos aspectos capazes de gerar impactes ambientais ao longo do tempo útil do projecto.

4.8.3 Impactes no território

Dos impactes negativos registados pela construção de barragens destacam-se: a desmatação e submersão de grandes áreas, o que constitui uma perda directa de áreas de cultivo, habitats, flora e fauna; efeito de barreira física ao transporte sedimentar no curso dos rios até ao mar, assoreando as albufeiras; deterioração da qualidade das águas nas albufeiras e eutrofização das mesmas, uma vez que as albufeiras recebem o escoamento das águas da adjacência de actividades agrícolas, industriais e efluentes, entre outros, os quais conduzem a uma elevada produtividade biológica de eutrofização da água (Arvela, 2013).

As alternativas de localização, construção e operação das estruturas de armazenamento e distribuição de água na mina da Mineira no Chipindo vão ditar a magnitude e significância do impacte. Se por um lado a operadora deve buscar alternativas de abastecimento de água para a lavaria com objectivo do não comprometimento do rio Tchissõe por outro lado deve ter em atenção as condicionantes das estruturas de aprovisionamento de água para a operação.

4.8.4 Escombeiras

A necessidade de armazenamento dos resíduos em mineração obriga que sejam criadas estruturas adequadas, tendo em conta as quantidades e características dos resíduos a armazenar. De acordo com Kossoff et al., (2014); Laurence et al., (2011) citado por (Burritt & Christ, 2018), em seu estudo sobre risco hídrico na mineração, enquanto analisava a falha da barragem da Samarco, no Brasil, referiu que, os resíduos provenientes da mineração, rondam as toneladas por dia, sendo que para cada 200 toneladas de minério processado há, em média, 199 toneladas de rejeitos produzidos, isso pressupõe que 99.5 % do material processado se converte em rejeitado, logo, se partimos deste princípio, a primeira mina de ouro em Angola, poderá gerar aproximadamente 796 toneladas por dia de resíduos, entre material estéril e lamas conforme Tabela.

Tabela 21 estimativa de resíduos na mina

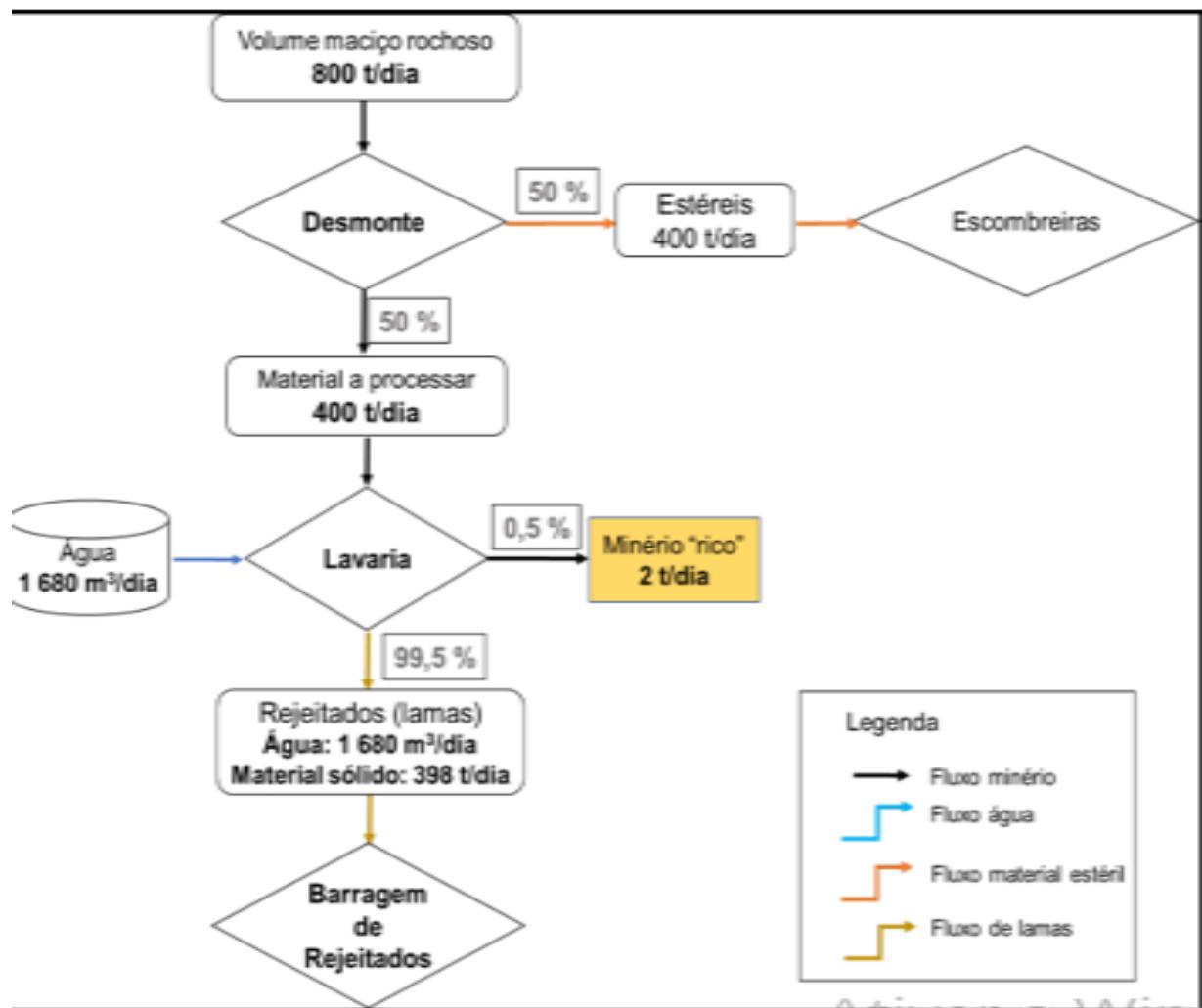
Material processado (t/dia)	Material convertido em rejeito (%)	Material rejeitado (t/dia)
800	99.5	796
(t/ano)		(t/ano)
292 000	99.5	290 540

Fonte: o autor

O resultado apresentado é, no entanto, muito genérico. Não é possível saber as características dos resíduos segundo as operações do processo. A literatura enuncia vários resíduos gerados em explorações mineiras e determina que para cada um seja dado o devido tratamento.

Foram assumidos alguns pressupostos para a elaborações de alguns cenários. O pressuposto principal é a distribuição em percentual dos resíduos gerando fase ao material processado (800 t/dia), ou seja, 50% do material desmontado será material estéril e os restantes 50% é material misturado com água (lamas), provenientes da lavaria (dados correspondentes ao 2º estágio do 2º cenário da Tabela 5.1). Após distribuição adoptou-se a referência de (Burritt & Christ, 2018), passando a considerar 99.5 % do material processado na lavaria geram lamas residuais Figura.

Figura 40 esquematização dos pressupostos admitidos mediante processo produtivo



Da separação minério/estéril será gerado material mais grosso que será depositado em pilhas (escombeiras). Entretanto, a operadora só considera a existência de escombeiras no segundo estágio do projecto. Assim sendo, elaborou-se dois cenários para a analise dos aspectos relacionados as escombeiras:

- ❖ O primeiro cenário prevê uma operação com requalificação paisagística, conservando o material estéril por um período não superior a um ano e reutilizado para o enchimento de cavas na frente de lavra durante a fase de operação.
- ❖ O segundo cenário não prevê a recuperação paisagística da mina durante a fase de operação, depositando o material em pilha.

A construção de escombeiras tem uma estrita relação com disponibilidade de área para o armazenamento dos estéreis. O EIA prevê que cada pilha tenha uma altura máxima de 5 m, com ângulos de inclinação de 45 ° e de formas a ser contornada para melhor integração no ambiente natural e deverá ser estabilizado com vegetação.

Os cenários apresentados na Tabela 5.5, foram baseados nos critérios de recomendação do EIA. Foram feitas algumas pressuposições, especificamente para:

- ❖ Distância entre as pilhas, nos dois cenários mantém constante;
- ❖ Densidade do material, constante nos dois cenários, e
- ❖ A reutilização do material será feita apenas com 60% do material estéril.

A seguir apresentamos para os cenários elaborados o cálculo estimado da área para armazenar as pilhas:

Tabela 23 estimativa da área ocupada pelas escombeiras

	1º Cenário	2º Cenário
Distância entre pilhas (m)	10	10
Densidade do material (g/cm ³)	1,9	1,9
Volume de estéril (m ³ /dia)	84,2	210,5
Área total escombeira (m ² /dia)	43,68	94,21
Área ocupada por ano (ha/ano)	1,6	3,4

Fonte :o autor

Quanto maior o volume de material estéril armazenar maior será a área útil ocupada pelas escombeiras. Por este motivo, faz todo sentido reutilizar o material estéril desde o início das operações do empreendimento.

Não havendo reutilização do material estéril ao fim de 5 anos aproximadamente 17 ha da área de exploração estarão cobertas com pilhas de material estéril. Além de representar uma área bastante extensa as escombeiras impõem ao ambiente impactes diversos.

Além do risco de derrocada, do impacte visual, a paisagem deverá também ser alterada; o uso do solo ficará comprometido, uma vez que se desconhecem as características destes estéreis. A ocorrência de lixiviação poderá ser o impacte com maior significância.

4.8.5 Barragem de rejeitados

Em relação a barragem de rejeitado existem alguns aspectos fundamentais. O primeiro prende-se com a localização, o segundo com a construção e operação, o terceiro com as características do resíduo a armazenar e o último com o tempo de vida. Estes aspectos devem estar devidamente identificados e descritos em documentos específicos segundo os critérios de dimensionados.

De acordo com a operadora a barragem de rejeitados já está construída. Foi implantada na transversal do rio Tchissõe, a jusante da planta do processamento mineral. As dimensões foram alteradas de 40 000 m³ para 50 000 m³ (barragem com a dimensão de 100X50X10). O rejeito será directamente depositado através de uma calha em um tanque. Estão previstas três barragens construídas de forma faseada, pelo método de alteamento para jusante, com uma vida útil estimada em 5 anos e uma taxa de crescimento de 3 metros por ano.¹

A determinação do local para instalação da barragem é fundamental. É um factor que vai determinar a influência da estrutura no ambiente. Inicialmente considerou-se a hipótese de demonstrar o desenvolvimento deste projecto sem barragem de rejeitado, justificado principalmente pela falta de dados e por ser uma prática que de todo causaria vários impactes principalmente aos recursos hídricos superficiais. Mas, uma vez que a

barragem já está construída o objectivo da análise prende-se agora com as características do material e a capacidade de armazenamento da barragem.

O EIA refere que os efeitos no ambiente resultam principalmente do elevado volume de efluentes de características diferentes e desconhecidas. Assumindo que mesmo na ausência de processos químicos são previstos valores diferenciados de pH, SST, sulfatos e outros parâmetros químicos.

Com base nos pressupostos assumidos anteriormente (ver Figura 5.4), procedeu-se a avaliação do aspecto da lama proveniente da lavaria. O aspecto da lama é um pormenor técnico que não está claro nos instrumentos analisados, enquanto o plano de exploração descreve uma lama mais aquosa conclusão a que chegou com a instalação de uma lavaria piloto, o EIA informa que a lama será espessa.

A falta de concordância nas informações levou a que estimasse a concentração da lama e consideradas algumas hipóteses diferentes. A relação entre a quantidade de material e o volume de água processado na lavaria constituintes das lamas encaminhadas para a barragem são apresentados os resultados na Tabela

Tabela 25 cálculo do volume e concentração da lama

Quantidade material sólido	Volume de água	Densidade lama estimada	Volume lamas	Concentração lama
t/dia	m ³ /dia	g/cm ³	m ³ /dia	g/L
398	1 680	1,4	557,2	237
t/ano			m ³ /ano	
145 668			203 935	

Fonte: o autor

Os resultados obtidos revelam um volume de lamas diário de aproximadamente 560 m³ com uma concentração na ordem dos 237 g/L. Uma lama com esta característica é uma lama bastante espessa que impõe um mecanismo de transporte com equipamentos hidráulicos.

Ao armazenar um material em lama sem qualquer tipo de tratamento, as três barragens previstas não terão capacidade suficiente para armazenar 203 935 m³/ano. Ao final do primeiro ano de exploração as três

barragens deverão estar completamente cheias. Nem com recurso a filtração, conforme pretende implementar a empresa se conseguirá evitar o assoreamento da barragem.

Outra hipótese que podemos elaborar é aceitar a informação da operadora. Porém uma lama mais aquosa significa claramente que o volume de água presente na mistura é maior. Logo, um volume maior implica aumentar as necessidades hídricas do projecto.

Assim, elaborou-se uma última hipótese de projecto com necessidades hídricas para lavaria em torno de 200 m³/h. A lama aquosa que se obtém (concentração de aproximadamente 83 g/L) permite uma melhor separação de fases. Um fluxo sobrenadante é gerado em consequência da decantação das partículas.

A preocupação em todas as hipóteses elaboradas está na capacidade e no tempo de vida das barragens; e na falta de conhecimento dos parâmetros químicos das lamas. Para a hipótese de uma lama aquosa, apesar da concentração ser menor, o volume de lamas mantém-se. A diferença nesta hipótese está na possibilidade de a lama passar por um processo de filtração seguido de um período de decantação em uma bacia específica. Podendo em seguida ser descartada ou utilizada em circuito fechado.

Uma barragem que atinja a sua capacidade de armazenamento antes do previsto, obriga o seu encerramento ou a descarga em uma linha de água. A descarga de efluentes sem tratamentos compromete bastante a qualidade dos recursos hídricos, causando poluição difusa que se alastra a jusante da linha.

4.8.6 Drenagem da mina

A filosofia do projecto prevê a instalação de um sistema de drenagem de águas pluviais com objectivo de desviar as afluências naturais de águas pluviais da barragem de rejeitados. Para a recolha das águas são propostos uma rede de canais de betão para drenagem por gravidade terminando em emissários que descarregam em terreno aberto ou em cursos

de água. Não está previsto que sejam necessárias instalações de recolha nem a recirculação desta água.

A drenagem da mina não deve ser confundida com a drenagem na envolvente da barragem de rejeitado. De acordo com as informações da empresa operadora está previsto apenas a drenagem na envolvente da barragem de rejeitado.

Esta medida é obrigatória internacionalmente. Quando a mesma não se observa a barragem de rejeitados está sujeita a receber volumes de água provenientes de período longos de quedas pluviométricas.

A falta de drenagem ao longo da mina favorece a formação de drenagens ácidas. Roque (2009) apresenta as drenagens ácidas como resultado principalmente da lixiviação dos resíduos sólidos depositados à superfície, em condições oxidantes por parte das águas pluviais e por inundação de cavidades (cortas e galerias subterrâneas).

A falta de conhecimento das características geoquímicas da rocha e dos solos na zona de exploração associada a existência de escombreiras são aspectos suficientes para prever a drenagem da mina. Um pH baixo e/ou a poluição do solo e do lençol freático em mineração é regularmente associado ao surgimento de drenagens ácidas.

4.9 Encerramento da mina

É intenção da empresa repor o uso agrícola do solo após o encerramento da mina. Mas o risco de poluição dos solos constitui uma preocupação ao longo das fases do processo produtivo.

O encerramento de uma mina é realizado com base num plano sequencial de tarefas. Diversas medidas que permitem a recuperação de áreas mineiras devem ser garantidas logo no inicio das operações. A melhor solução para usos futuros de solos depende substancialmente da gestão ambiental e da monitorização dos impactes desta actividade.

Considerar a agricultura para uso futuro dos solos num contexto onde muitos aspectos ambientais não foram suficientemente analisados e a acção de processo químico não está estudada pode causar graves consequências ao ambiente e a saúde humana.

Segundo Lottermoser (2003) citado por (Roque, 2009), os resíduos resultantes de processos químicos com uso de cianetos pode causar problemas de poluição nas águas, nos solos e nos sedimentos e entrar na cadeia alimentar dos organismos vivos.

CAPITULO V- RECOMENDAÇÕES

5.1 Procedimentos gerais

As recomendações elaboradas no âmbito do EIA buscam soluções sustentáveis e devem ser executadas sempre que não interferirem com os objectivos de gestão ambiental. A maior vantagem deste projecto é ter a capacidade de adoptar outras recomendações, principalmente, por se mostrar oportuno e antes do início da operação.

Os procedimentos gerais para o licenciamento ambiental de projectos mineiro deve estar estruturada e ser detalhada, para possibilitar um melhor entendimento do projecto e das consequências ambientais. A apresenta algumas recomendações que visam contribuir para a estruturação do processo de licenciamento de projectos mineiros.

5.2 Procedimentos gerais à nível nacional

Revisão dos termos de referência para elaboração de estudo de impacte ambiental de projectos de mineração elaborados e distribuídos pelo Ministério do Ambiente para melhor adequação das características do sector mineiro.

Em observância a legislação nacional em vigor, a participação publica deve ser sempre garantida.

As infraestruturas como estações de tratamentos, tubagens e valas de drenagem devem ser instaladas antes do início das operações.

Após a identificação adequada e descrição dos impactes, o EIA deverá indicar detalhadamente as medidas de minimização destes impactes, nomeadamente:

- ❖ Medidas a aplicar para reduzir, as emissões de ruído e de poeiras;
- ❖ Medidas a aplicar para evitar a poluição das águas superficiais e subterrâneas;
- ❖ Cuidados a ter com a localização dos depósitos de resíduos;

- ❖ Identificação da necessidade ou não da instalação de sistemas de monitorização.

5.3 Mina de Chipindo

5.3.1 Medidas técnicas

As especificações técnicas de um projecto são fundamentais e devem obedecer requisitos chaves. Quando estes requisitos não estão previstos na legislação em vigor, devem ser tidos em conta com base na literatura internacional. Assim sendo, recomenda-se adopção de algumas medidas.

5.3.2 Recomendações Técnicas

Separação dos rejeitados, em areias e em lamas, sendo apenas as areias usadas como material de construção.

Instalação de drenos e de filtros internos, de modo a prevenir fugas e a baixar o nível freático no interior dos taludes de areia.

Protecção de superfícies erodíveis com vegetação, com materiais grosseiros ou mesmo com blocos de estéril.

Apresentação dos métodos de construção e estabilização das escombeiras e da barragem de rejeitados, equacionando os seguintes aspectos:

características da área (inclinação dos taludes dos depósitos) e do material estéril (fundamentalmente a granulometria);

- ❖ Área total ocupada e análise de risco de perda de funcionalidade dos depósitos;
- ❖ Factores que causam instabilidade de depósitos;
- ❖ Condições de circulação de água superficial ou de aquíferos;

CAPITULO VI-CONCLUSÃO

6.1 Síntese

É complexo avaliar impactes ambientais para projectos que não apresentam alternativas ou não descrevem criteriosamente as suas operações. As avaliações estão condicionadas a reduzidas informações de base, quer do próprio processo produtivo quer de regtos de dados de carácter nacional em Angola.

Para a Lafech, este é um período de incertezas. O projecto a escala industrial em Angola é pioneiro, e por isso mesmo, não é possível prever com rigor a influência de cada uma das etapas e técnicas do projecto nos principais descritores ambientais, nem tão pouco, em que fase se dará o encerramento da exploração.

Garantir a participação pública e o diálogo com interessados faz parte dos procedimentos da análise de impactes ambientais, no entanto, para este projeto, a AIA, avançou sem uma consulta pública.

Deixando por considerar opiniões da sociedade local na formulação e definições de políticas.

Inevitavelmente o empreendimento irá trazer impactes negativos ao ambiente, que se farão sentir um pouco por toda região, sobretudo, a jusante da mina, em consequência maioritariamente da demanda de água necessária e o volume de resíduos gerados. A disposição e os tratamentos dos resíduos provenientes essencialmente da lavaria é um dos grandes desafios da mina de Chipindo, pois representa uma fonte de impactes.

A metodologia selecionada para o acondicionamento dos rejeitados, quer sejam estéreis, quer sejam lamas, apresenta soluções pouco práticas, que podem estar relacionadas com a falta de estudo de alternativas, fraco nível de confiança dos dados disponíveis e/ou custos económicos.

A interferência nos recursos hídricos, sobretudo, nos superficiais, poderá provocar redução do caudal do Tchissõe. Ao longo do ano os efeitos no rio poderão condicionar inclusive o

caudal ecológico e comprometer outros fins, nomeadamente o abastecimento de água para as populações e agricultura.

Os efeitos a nível dos solos, dizem respeito principalmente, à perda do topsoil, que promoverá a alteração dos usos do solo e contribuirá para a perda do potencial agrícola.

Apesar das medidas de controlo e segurança recomendados pelo EIA para a barragem de rejeitados, a operadora demonstra consciencialização em preservação ambiental, assumindo alguns critérios técnicos que não se encontram tipificadas no ordenamento jurídico angolano, nomeadamente, a construção de barragens de rejeitados, a criação de sistemas de recirculação da água e controlo de qualidade da mesma.

Até a data de conclusão desta dissertação, notou-se a ausência de instrumentos dos planos de construção, monitorização e encerramento da barragem de rejeitados; plano de encerramento;

programa de reabilitação e análise de risco do empreendimento. Sendo que os instrumentos apresentados – plano de exploração e EIA – são de carácter legal e obrigatórios para obtenção do licenciamento do projecto.

Sobre os impactes cumulativos não foi demonstrando a interferência do também, projecto de aurífero do Mpopo, localizado no município da Jamba, a aproximadamente 200 km de distância. Este projecto está licenciado, mas não está operacional até a data da conclusão desta dissertação.

O EIA do projecto de Chipindo, apesar do esforço que reuniu na análise dos impactes ambientais, devido principalmente a falta de informações a nível nacional, recomendou uma série de medidas que visam a mitigação destes impactes. Assim sendo, é imperativo que tais recomendações sejam postas em prática desde o início dos trabalhos de exploração.

O licenciamento de projectos mineiros deve ser feito quando os projectos apresentam os instrumentos que demonstram os princípios de construção, operação e encerramento das principais estruturas que compõe o processo produtivo. Em alternativa, o EIA deve ser bastante detalhista e considerar dados de caracterização da área onde se pretende inserir o empreendimento, na falta de dados, como é o caso do projecto de Chipindo, devem assumir-se pressupostos e elaboradas alternativas que permitam extrair conclusões mais consistentes.

O controle dos parâmetros físicos e químicos e a drenagem das águas pluviais na barragem de rejeitados, recomendados pelo EIA, são reforçados nesta dissertação. Atenção que a empresa decidiu que não haverá recirculação, apenas drenagem das águas pluviais e/ou subterrâneas, apostando no controle dos parâmetros químicos das águas. Recomenda-se ainda a instalação rede de esgotos da mina.

No que respeita à operação de esgoto recomendamos a recirculação do sobrenadante para a lavaria por três motivos, designadamente: é uma recomendação essencial que já vem do EIA; é uma das principais fontes potenciais de poluição e influencia outra questão importante, a disponibilidade de água no rio para outros usos. Relativamente a parte sólida (lamas) que se depositará na barragem de rejeitados, a literatura recomenda o tratamento das lamas e a reciclagem.

O acompanhamento dos efeitos nos recursos hídricos e a previsão de modificações a qual induz um empreendimento a curto, médio e longo prazo, devem sempre ser demonstrados e fontes alternativas devem ser consideradas e.g.: tratamento e sequente recirculação de efluentes, dependendo obviamente das características destes efluentes e da qualidade que se pretende; sistema de drenagem de águas pluviais que encaminhem água da chuva para depósitos de armazenamento.

programa de reabilitação e análise de risco do empreendimento. Sendo que os instrumentos apresentados – plano de exploração e EIA – são de carácter legal e obrigatórios para obtenção do licenciamento do projecto.

Sobre os impactes cumulativos não foi demonstrando a interferência do também, projecto de aurífero do Mpopo, localizado no município da Jamba, a aproximadamente 200 km de distância. Este projecto está licenciado, mas não está operacional até a data da conclusão desta dissertação

O controle dos parâmetros físicos e químicos e a drenagem das águas pluviais na barragem de rejeitados, recomendados pelo EIA, são reforçados nesta dissertação. Atenção que a empresa decidiu que não haverá recirculação, apenas drenagem das águas pluviais e/ou subterrâneas, apostando no controle dos parâmetros químicos das águas. Recomenda-se ainda a instalação rede de esgotos da mina.

No que respeita à operação de esgoto recomendamos a recirculação do sobrenadante para a lavaria por três motivos, designadamente: é uma recomendação essencial que já vem do EIA; é uma das principais fontes potenciais de poluição e influencia outra questão importante, a disponibilidade de água no rio para outros usos. Relativamente a parte sólida (lamas) que se depositará na barragem de rejeitados, a literatura recomenda o tratamento das lamas e a reciclagem.

O acompanhamento dos efeitos nos recursos hídricos e a previsão de modificações a qual induz um empreendimento a curto, médio e longo prazo, devem sempre ser demonstrados e fontes alternativas devem ser consideradas e.g.: tratamento e sequente recirculação de efluentes, dependendo obviamente das características destes efluentes e da qualidade que se pretende; sistema de drenagem de águas pluviais que encaminhem água da chuva para depósitos de armazenamento.

Em relação a uso futuro dos solos da área da mina, atendendo a composição dos solos ferralíticos, resultantes do acúmulo de óxidos metálicos, particularmente ferro e alumínio, ainda que em concentrações residuais, são solos que carecem de correção para agricultura e uma vez que desconhecesse os efeitos do processo químico a ser implementado, recomenda-se em alternativa.

3 Métodos utilizados para a avaliação dos impactos ambientais

Tabela 27 perfil dos valores atribuídos aos impactos ambientais previsto na fases de implementação e operação



Fonte: elaborado pelo autor

O Empreendimento utilizou o método da matriz de interação, mais precisamente o modelo da matriz de Leopoldo, que consiste em uma correlação entre os impactos adversos identificados, versus componentes impactantes, que provavelmente serão gerados na área de influência direta do projeto, ou seja, a metodologia adotada para identificar e avaliar os impactos ambientais procura estabelecer uma relação sistemática entre as ações básicas da atividade

Podemos observar que dos 71 impactes previstos 55 (77,4%) são de caráter adverso, ou seja, causam impactos negativos ao ecossistema, nos meios físicos e bióticos, como desmatamento, remoção do solo, preparação da praça e infraestrutura, esses impactos são da fase de implantação, ou seja, antes da fase de lavra iniciar.

A implantação é uma forma de adequar a região, que se encontra em sua forma natural, para um formato que otimize as operações dos equipamentos e instalações previstas, acarretando assim certas alterações na topografia do terreno, nos solos, vegetação, atmosfera,

recursos hídricos, e etc. Os impactes da fase de operação como a perfuração do minério, desmonte dos blocos, carregamento e transporte do mineral, ocorrerão em um período maior do que os impactos da fase de implantação, e chegarão a formar um ciclo durante a vida útil da mina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AbandonedMines. (2016). AbandonedMines. Retrieved from <https://www.abandonedmines.gov/>

Antunes, P., & Videira, N. (2015). *Sistemas de Gestão Ambiental* (Slides das aulas de Gestão Ambiental). Caparica. Retrieved January 28, 2018, from https://moodle.fct.unl.pt/pluginfile.php/261805/mod_resource/content/1/Slides

Arvela, A. F. S. (2013). *Alterações da paisagem decorrentes da construção da barragem do Alqueva: cenários para 2025, 2050 e 2100*. Dissertação realizada para a obtenção do grau de Mestre em Arquitectura Paisagista, Universidade do Algarve. Retrieved June 08, 2018, from <https://sapientia.ualg.pt/handle/10400.1/6102>

Bastos, M. J. N. (1999). A estabilidade estrutural na segurança de predreiras a céu aberto - Maciços terrosos. *Comunicações Técnicas*. Retrieved June 10, 2018, from http://www.visaconsultores.com/pdf/VISA_com01.pdf

Brundtland, G. H. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development : Our Common Future : Chairman's Foreword*. Oslo. Retrieved June 10, 2018, from <https://doi.org/10.2307/2621529>

Burritt, R. L., & Christ, K. L. (2018). *Water risk in mining: Analysis of the Samarco dam failure. Journal of Cleaner Production* (Vol. 178). Elsevier Ltd. Retrieved May 26, 2018, from <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.042>

Comissão Europeia. (2014). DECISÃO DA COMISSÃO - de 18 de dezembro de 2014 - que altera a Decisão 2000/ 532/ CE relativa à lista de resíduos em conformidade com a Diretiva 2008/ 98/ CE

do Parlamento Europeu e do Conselho - (2014/ 955/ UE). *Jornal Oficial Da União Europeia*, L370, 44–86. Retrieved April 02, 2018, from

<http://www.netresiduos.com/fluxosler.aspx?menuid=102&eid=461>

Commission, B. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future Acronyms and Note on Terminology Chairman's Foreword. Retrieved April 02, 2018, from <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>

Coqueia, S. A. C. (2014). *Metodologia para o controlo geoambiental da bacia de contenção de rejeitados da Sociedade Mineira de Catoca em Angola*. Dissertação realizada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Minas, Universidade do Porto. Retrieved May, 2018, from http://digitool.fe.up.pt:1801/webclient/DeliveryManager?custom_att_2=simple_viewer&metaData_request=false&pid=753663

Curi, A. (2017). Lavra de Minas. (1st ed.). São Paulo: Oficina de Textos. Retrieved November 25, 2017,

from <https://www.ofitexto.com.br/livro/lavra-de-minas/>

ANEXOS

Figure 43 impacto na água



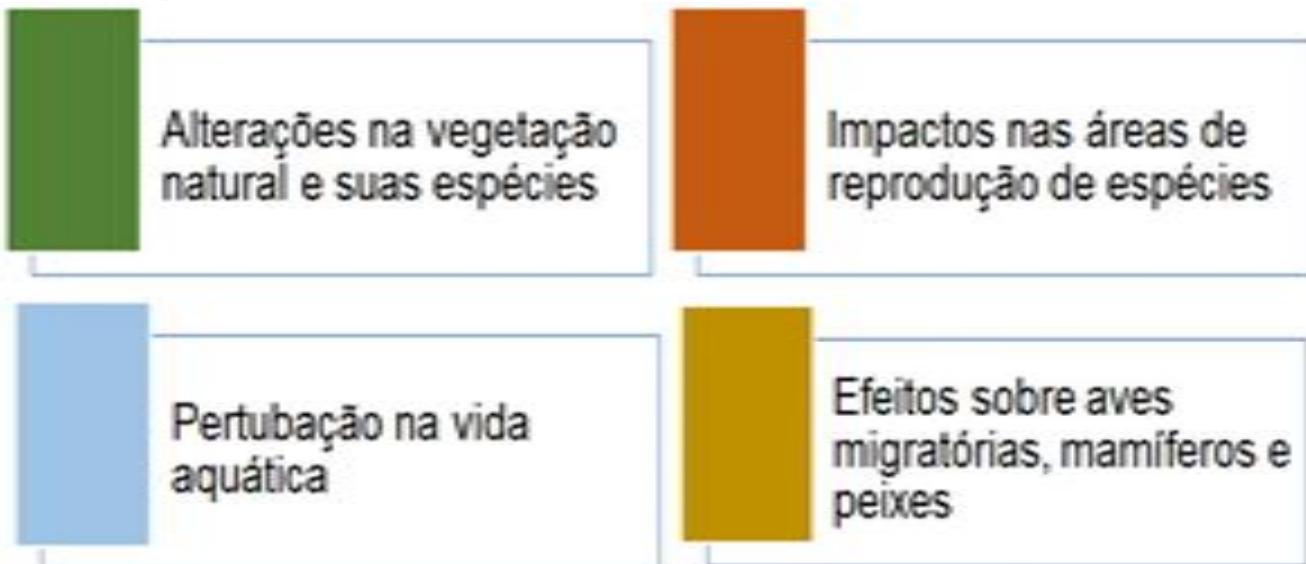
Fonte:coqueia 2010

Figura 46 impacto



Fonte:comana 2016

Figura 49 impacto no solo



Fonte: comana 2010

Figura 52 alteração no solo e na fauna



Fonte: comana 2013

Tabela 53 perfil dos valores atribuidos aos impactes ambientais previsto na fases de implementação e operação

