



UNIVERSIDADE AGOSTINHO NETO  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MINAS**

Trabalho de Conclusão de Curso, Realizado para Obtenção do Grau de Licenciatura em  
Engenharia de Minas.

**ESTUDO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DO  
VAZAMENTO DA ROTURA DA CONDUTA DE DRENAGEM DA  
BACIA DE RETENÇÃO DE REJEITADOS DA SOCIEDADE MINEIRA  
DE CATOCA**

**Autora: Nélida Solange Lopes Fonseca**

Nº de Matrícula: 113019

Luanda, 2022



UNIVERSIDADE AGOSTINHO NETO  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MINAS**



Trabalho de Conclusão de Curso, Realizado para Obtenção do Grau de Licenciatura  
em Engenharia de Minas.

**ESTUDO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DO  
VAZAMENTO DA ROTURA DA CONDUTA DE DRENAGEM DA  
BACIA DE RETENÇÃO DE REJEITADOS DA SOCIEDADE MINEIRA  
DE CATOCA**

Apresentado por:

**Nélida Solange Lopes Fonseca**

Nº 113019

Orientado por: Prof. Augusto Paulino de Almeida Neto

Luanda, 2022

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este Trabalho de Conclusão de Curso aos meus queridos pais, João Fonseca e Emília Fonseca, por serem os meus primeiros docentes e pela incansável dedicação que sempre tiveram comigo desde o início da minha jornada acadêmica.

Às minhas queridas irmãs, Ariane Fonseca e Celeste Fonseca, por sempre encorajarem-me a seguir em frente e a nunca desistir da minha formação apesar dos obstáculos.

## **AGRADECIMENTOS**

Sou grata à Deus, por dar-me forças para não desistir quando menos acreditei que seria capaz de concluir a minha licenciatura.

Agradeço os meus progenitores, João Fonseca e Emília Fonseca, que são para mim um espelho de coragem e que incansavelmente deram o seu melhor para que eu chegasse até ao fim desta etapa.

Às minhas irmãs, Ariane Fonseca e Celeste Fonseca, por todo incentivo e apoio.

Ao Senhor Professor Augusto Neto, meu orientador, por disponibilizar-se a ajudar-me na execução deste trabalho e por ter desempenhado tal função com muita dedicação e profissionalismo.

Ao Senhor Professor Augusto Cazola, por todos os conselhos motivacionais dados durante as aulas, que de certa forma fizeram-me sentir especial e capaz de alcançar todos os meus sonhos a nível profissional e não só.

À todos os professores do Departamento de Engenharia de Minas, que com a partilha dos seus conhecimentos contribuíram para a minha licenciatura.

À todos os trabalhadores da Sociedade Mineira de Catoca, que com muita atenção e disponibilidade, ajudaram-me na recolha de dados para a elaboração deste trabalho.

À fiel colega – amiga – irmã, Ema Cachimbombo, por toda motivação, companheirismo e fidelidade, ao longo dos anos que partilhamos juntas na universidade. Levar-te-ei para sempre em meu coração minha irmã que a UAN ofertou-me.

**“O descanso não pode ser maior, em relação a sua aplicação  
no projecto ao alcance dos seus sonhos”**

**Nélida Fonseca**

## RESUMO

O incidente ocorrido na bacia de retenção de rejeitados da Sociedade Mineira de Catoca, foi um acontecimento de baixa proporções. Com a presente pesquisa, pretende-se analisar e apresentar os principais impactos ambientais do vazamento de polpa, causado pela rotura da conduta de drenagem, que funcionava como vertedouro na bacia de retenção de rejeitados de Catoca, localizada na região do município de Saurimo, na província da Lunda-Sul. Para identificar os principais impactos socio-ambientais ocasionados pela rotura da conduta de drenagem, fez-se um levantamento (através de questionários) à população ao redor que foi afectada. Foram analisadas imagens de satélites do período anterior e posterior ao incidente, bem como elaborados mapas de uso e cobertura da área atingida. Constatou-se, antes do incidente, a integridade dos rios a jusantes à bacia de retenção de rejeitados, dos afloramentos rochosos, áreas de vegetação e cursos de água da região.

Após o incidente, constatou-se a poluição dos rios pela polpa. Segundo os entrevistados, nenhuma instituição, repassou instruções de acção a serem tomadas pelos moradores da região, em situações de risco de possíveis roturas ou até mesmo rompimento da bacia de retenção de rejeitados. Os indícios físicos da ocorrência do incidente foram os estrondos seguido de barulho contínuo, o levantamento de poeira e, conseqüentemente, a invasão e inundação da área a jusante à bacia de retenção de rejeitados pela polpa de rejeitados. Os atingidos receberam apoio da empresa mineradora durante 4 meses. As perdas recuperáveis descritas são: as vidas de algumas espécies de peixes pela redução do oxigénio na água dos rios e a redução da cobertura vegetal.

**Palavras-chaves:** Incidente, Bacia, Rejeitados, Rotura, Vazamento, Impactos.

## **ABSTRACT**

The incident that occurred in the tailings retention basin of Sociedade Mineira de Catoca was an event of low proportions. The present research intends to analyze and present the main environmental impacts of pulp leakage, caused by the rupture of the drainage conduit, which worked as a spillway in the Catoca tailings retention basin, located in the region of the municipality of Saurimo, in the province from Lunda Sul. In order to identify the main socio-environmental impacts caused by the rupture of the drainage pipe, a survey was carried out (through questionnaires) of the surrounding population that was affected. Satellite images from the period before and after the incident were analyzed, as well as maps of use and coverage of the affected area. Before the incident, the integrity of the rivers downstream of the tailings retention basin, the rocky outcrops, areas of vegetation and water courses in the region was verified.

After the incident, the rivers were polluted by the pulp. According to the interviewees, no institution passed on instructions for action to be taken by residents of the region, in situations of risk of possible ruptures or even rupture of the Tailings Retention Basin. The physical signs of the incident were the loud bangs followed by continuous noise, the lifting of dust and, consequently, the invasion and flooding of the area downstream of the tailings retention basin by the tailings pulp. Those affected received support from the mining company for 4 months. The recoverable losses described are: the lives of some fish species due to the reduction of oxygen in the river water and the reduction of vegetation cover.

**Keywords:** Incident, Basin, Tailings, Failure, Leakage, Impacts.

## SUMÁRIO

<b>DEDICATÓRIA .....</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>XIV</b>
<b>CAPÍTULO I: GENERALIDADES .....</b>	<b>15</b>
1.1- Introdução.....	15
1.2- Justificativa do Trabalho .....	15
1.3- Estrutura do Trabalho .....	16
1.4- Estudo de Caso .....	17
1.4.1- Problema .....	17
1.4.2- Hipótese .....	17
1.4.3- Objectivo Geral.....	17
1.4.4- Objectivos Específicos.....	17
1.4.5- Delimitação do Estudo.....	17
1.4.6- Metodologia .....	18
<b>CAPÍTULO II: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CIENTÍFICA .....</b>	<b>19</b>
2.1- Mineração, Bacia de Retenção de Rejeitados e seus Impactos Ambientais.....	19
2.2- Formas de Deposição dos Rejeitados .....	19
2.2.1- Descargas por Pontos Únicos.....	20
2.2.2- Espigote.....	21
2.2.3- Hidrociclones .....	22
2.3 - Métodos de Construção de Bacias de Retenção de Rejeitados .....	23
2.3.1 - Método à Montante .....	23
2.3.2- Método à Jusante.....	24

2.3.3- Método da Linha de Centro .....	25
2.4- Primeiras conferências sobre o Meio Ambiente.....	27
2.4.1- Histórico.....	27
2.4.2- Riscos Ambientais .....	28
2.5- Enquadramento Legal em Angola .....	29
2.5.1- Lei Nº 05/98 de Junho – Lei de Base de Ambiente .....	29
2.5.2- Lei Nº 06/02 de 21 de Julho – Lei das Águas.....	29
2.5.3- Lei Constitucional.....	30
2.5.4- Código Mineiro .....	30
<b>CAPÍTULO III: BREVE APRESENTAÇÃO DA EMPRESA E CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>31</b>
3.1- Breve Apresentação da Empresa .....	31
3.2- Caracterização Geográfica da Área de Estudo .....	32
3.2.1- Clima e Solo da Região .....	32
3.2.2- Flora e a Fauna da Região.....	33
3.2.3- Hidrologia .....	34
<b>CAPÍTULO IV: INFORMAÇÕES GERAIS E INCIDENTE NA BACIA DE RETENÇÃO DE REJEITADOS DA SOCIEDADE MINEIRA DE CATOCA.....</b>	<b>36</b>
4.1- Localização Geográfica da Bacia de Retenção de Rejeitados .....	36
4.2- Tipo e Classe da Bacia de Retenção de Rejeitados .....	37
4.3- Processos de Construção da Bacia de Retenção de Rejeitados .....	37
4.4- Plataformas Flutuantes de Captação de Água .....	38
4.5- Absorção e transporte da polpa .....	40
4.6- Sistema de Recirculação e Reaproveitamento de Água .....	42
4.7- Deposição dos Rejeitados.....	43
4.8- Incidente na Bacia de Retenção de Rejeitados da Sociedade Mineira de Catoca .....	46
4.9- Possíveis Causas que levaram a Rotura da Conduta de Drenagem .....	50

<b>CAPÍTULO V: ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>51</b>
5.1- Identificação do Aspecto e dos Impactos Ambientais.....	51
5.2- Análise Comparativa da Evolução dos Eventos com Imagens do Google Earth .....	51
5.3- Medidas para a Mitigação dos Impactos Ambientais e Medidas Preventivas.....	57
5.3.1- Imagens de Melhorias após a Implementação das Medidas de Mitigação .....	66
5.4- Impacto Social e Apoios Prestados .....	67
5.5- Análise Quantitativa do Relato dos Moradores Afectados.....	67
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>74</b>
<b>RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>75</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Descarga por pontos únicos .....	20
Figura 2: Espigote.....	21
Figura 3: Hidrociclone.....	22
Figura 4: Método de construção a montante .....	24
Figura 5: Método de construção a jusante .....	25
Figura 6: Método de construção de linha de centro.....	26
Figura 7: Localização Geográfica da Sociedade Mineira de Catoca.....	31
Figura 8: Mapa de solos de Angola .....	33
Figura 9: Área de savana arborizada .....	34
Figura 10: Rio Chicapa.....	35
Figura 11: Mina do Catoca e bacia de retenção de rejeitados da Sociedade Mineira de Catoca .....	36
Figura 12: Centrais de Tratamento. A) CT1, B) CT2.....	38
Figura 13: Plataformas Flutuantes de Captação de Água. A) CT1, B) CT2 .....	39
Figura 14: Elevações. A) 1ª Elevação, B) 2ª Elevação.....	39
Figura 15: Fluxograma de Captação e Transporte de Água .....	40
Figura 16: Sistema de transporte da polpa da CT1. A) Zufu da CT1, B) Estação da CT1, C) Conduta por onde desagua a polpa da CT1 na bacia de retenção de rejeitados .....	41
Figura 17: Sistema de transporte da polpa da CT2. A) Zufu da CT2, B) Estação da CT2, C) Conduta por onde desagua a polpa da CT2 na bacia de retenção de rejeitados .....	42
1. Figura 18: Fluxograma do sistema de recirculação e reaproveitamento de água.....	43
Figura 19: A) Conduta de espigote, B) Válvula de descarga .....	44
Figura 20: Vertedouros a norte. A) Vertedouros, B) Conduatas por onde desaguam.....	44
Figura 21: Dique de filtração.....	45
Figura 22: Vertedouros a sul. A) Vertedouros, C) Conduatas por onde desaguam .....	45
Figura 23: Turbidez nas águas do Rio Chicapa.....	46
Figura 24: Confluência entre o Rio Lova e o Rio Chicapa .....	47
Figura 25: Rio Chicapa.....	47
Figura 26: Estado da bacia de retenção de rejeitados de Catoca antes da rotura da conduta ..	52
Figura 27: Imagem verificada na zona de Maludi .....	53
Figura 28: Imagem Verificada na zona de Chitia.....	53
Figura 29: Imagem Verificada na zona próximo ao Maludi .....	54

Figura 30: Imagem Verificada das minas de diamante Luau e Camatchia-Camagico vazando material vermelho para o Rio Chicapa .....	54
Figura 31: Imagem verificada do momento da saída de polpa.....	55
Figura 32: Imagem verificada do momento de formação da pluma.....	56
Figura 33: Imagem verificada do desenvolvimento da pluma, a construção dos diques e o aterro de gnaisses para o tamponamento da zona da rotura .....	57
Figura 34: Tamponamento a montante. A) Tirada em 27.07.2021, B) Tirada em 27.07.2022 .....	58
Figura 35: A) Conduta que se rompeu a jusante (29.09.2022), B) Conduta que se rompeu a jusante (22.06.2022) .....	58
Figura 36: Colector de Recepção a jusante a bacia de retenção de rejeitados (Autora, 2022) .	59
Figura 37: 1º dique .....	60
Figura 38: Canal de emergência .....	60
Figura 39: 2º Dique.....	61
Figura 40: 3º Dique.....	61
Figura 41: Manto filtrante.....	62
Figura 42: Limnómetro.....	62
Figura 43: Zona de confluência entre o Rio Lova e o Rio Chicapa, após a construção dos diques filtrantes .....	66
Figura 44: Melhoria significativa na recuperação ambiental por atenuação natural do Rio Chicapa e o efeito das medidas de mitigação implementadas.....	66
Figura 45: Identificação considerando a faixa etária, o género declarado pelas pessoas, estado civil, a naturalidade e o tempo de residência declarado pelas pessoas afectadas pelo vazamento.....	69
Figura 46: Trabalho e Renda declarado pelas pessoas afectadas pelo vazamento originado pela rotura da conduta de drenagem, considerando a dependência da renda; se trabalhava ou não na região; se era produtor rural; se cultivava a terra; se criava animais e se participava em cooperativas .....	70
Figura 47: Características das famílias considerando o número de pessoas que moravam juntas em uma residência, a renda mensal daquela família e a presença, ou não, de antepassados residindo na região afectada pelo vazamento originado pela rotura da conduta de drenagem .....	71

Figura 48: Declarações referentes as consequências directas do vazamento, desde o conhecimento do mesmo até as perdas por morte, ocorrência de feridos e perdas materiais declarado pelas pessoas afectadas pelo vazamento originado pela rotura da conduta de drenagem .....72

Figura 49: Declarações dos afectados pelo vazamento da rotura da conduta acerca da recepção de algum tipo de apoio essencialmente alimentício, bem como outros apoios .....73

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Métodos construtivos, vantagens e desvantagens dos três métodos de construção de bacias de retenção de rejeitados.....	26
Tabela 2: Riscos Ambientais .....	29
Tabela 3: Coordenadas Geográficas de Catoca .....	32
Tabela 4: Identificação do Aspecto e dos Impactos Ambientais.....	51

# CAPÍTULO I: GENERALIDADES

---

## 1.1- Introdução

A rotura de condutas em bacias de retenção de rejeitados na mineração é um problema mundial que acaba por afectar o meio ambiente. No dia 24 de Julho de 2021, ocorreu na Sociedade Mineira de Catoca a rotura da conduta de drenagem, que funcionava como vertedouro na bacia de retenção de rejeitados. Um incidente de proporções mensuráveis e com mínimos impactos ambientais e sociais. A busca pelo conhecimento desses impactos e da sua magnitude ocorreu a partir de entrevistas sobre a percepção dos moradores vizinhos da Mina e, da análise de imagens de satélites da região afectada.

As consequências causadas pela ausência de sistemas de prevenção compartilhados com os habitantes, foram demonstradas a partir da dimensão do incidente, decorrente da rotura da conduta que funcionava como vertedouro. Tal facto revela que a pesquisa de avaliação de risco em bacias de retenção de rejeitados de mineração, como a bacia de Catoca, ainda em fase exploratória, necessita de condições legais e técnicas, com base em avaliação de probabilidade de falha e avaliação de consequências, gestão de riscos e implantação de plano de emergência. Assim, com base em ferramentas de uso quotidiano da Engenharia Geológica, como mapas de utilização e ocupação do solo, associados às percepções derivadas dos questionários aplicados aos moradores da área afectada e da literatura escolhida, desenvolveu-se o presente estudo académico, multidisciplinar, sobre os impactos à jusante, decorrentes da rotura da conduta da infraestrutura em causa.

## 1.2- Justificativa do Trabalho

A necessidade de reflexões sobre o incidente ocorrido em 24 de Julho de 2021 na Sociedade Mineira de Catoca, originou o presente estudo. Trata-se de um impacto ambiental de proporções mensuráveis, decorrente da rotura da conduta de drenagem que funcionava como vertedouro. Dessa forma, com o presente trabalho, pretende-se reunir contribuições para a obtenção de conhecimentos sobre a magnitude dos impactos ambientais e sociais, a partir da percepção dos moradores que estão na circunscrição da Mina. Por meio dos dados colectados, foi possível elaborar e propor medidas de mitigação para os impactos decorrentes em bacias de retenção de rejeitados. A necessidade de conhecimento e investigação das áreas afectadas pela rotura da conduta, a 24 de Julho de 2021, na Mina de Catoca, motivou a partir da análise

socio-ambiental da área afectada, a identificação, avaliação e comparação das características (antes e após a rotura da conduta da referida bacia) e das margens e áreas dos rios afectados pelo vazamento originado pela rotura. Tais conhecimentos podem contribuir para a obtenção de conhecimentos sobre a extensão e a magnitude dos impactos socioeconómicos e ambientais decorrentes do incidente ocorrido.

### **1.3- Estrutura do Trabalho**

Na abordagem da pesquisa, foi utilizado o método qualitativo, combinando com a pesquisa exploratória, uma vez que esta é realizada quando o fenómeno ainda não foi muito estudado, buscando assim proporcionar um maior conhecimento do problema e, com a finalidade de torná-lo mais claro. O presente trabalho encontra-se estruturado com cinco capítulos e que a seguir se descrevem:

- Capítulo I: Generalidades – Introduz e justifica o tema de estudo, esclarece os objectivos e a hipótese da pesquisa, apresenta os métodos utilizados para a sua condução e as etapas de pesquisa.
- Capítulo II: Fundamentação Teórica e Científica – Faz o enquadramento do tema com opiniões de grandes autores que já estudaram casos semelhantes, a fim de compreender como as bacias de retenção de rejeitados provocam impactos significativos ao ambiente.
- Capítulo III: Apresenta de forma resumida a Empresa e a Caracterização Geográfica da Área de Estudo – É apresentada a Empresa em causa e delimitada a área de estudo, bem como algumas características geográficas.
- Capítulo IV: Apresenta um conjunto de informações gerais e o incidente na bacia de retenção de rejeitados da Sociedade Mineira De Catoca – Em que foi apresentada informações referentes a bacia de retenção de rejeitados, bem como uma explanação sobre o incidente que centralizou o estudo deste trabalho.
- Capítulo V: Análise e Discussão dos Resultados - Apresenta as ideias da autora, baseando-se nas literaturas consultadas e na realidade constatada no campo, aquando as pesquisas, bem como apresenta uma opinião final a respeito dos impactos ambientais provocados pelas bacias de retenção de rejeitados da mineração.

## **1.4- Estudo de Caso**

Bacia de retenção de rejeitados da Sociedade Mineira de Catoca.

### **1.4.1- Problema**

Necessidade de se identificar os impactos ambientais, resultantes do vazamento originado pela rotura da conduta de drenagem, a fim de se manter o controlo para melhor prevenção e monitoramento.

### **1.4.2- Hipótese**

Se no processo de exploração de minérios, se identificasse antecipadamente os impactos ambientais consequentes das deposições de rejeitados em bacias de retenção dos mesmos e, se criasse medidas de prevenção e/ou mitigação para tais fenómenos, se restabeleceria o equilíbrio ambiental.

### **1.4.3- Objectivo Geral**

Analisar os impactos ambientais resultantes do vazamento causado pela rotura da conduta de drenagem, na bacia de retenção de rejeitados da Sociedade Mineira de Catoca.

### **1.4.4- Objectivos Específicos**

- Analisar a magnitude dos impactos causados;
- Apresentar os métodos utilizados pela empresa para mitigação dos impactos ambientais.

### **1.4.5- Delimitação do Estudo**

O presente trabalho limita-se a apresentar os impactos ambientais resultantes da rotura da conduta de drenagem da bacia de retenção de rejeitados da Sociedade Mineira de Catoca, bem como os métodos utilizados para a mitigação destes mesmos impactos.

#### **1.4.6- Metodologia**

Para o cumprimento dos objectivos apresentados neste trabalho, tornou-se necessário consultar algumas obras científicas e alguns trabalhos definidos e publicados em torno da temática, que nos serviram de orientação metodológica, bem como a recolha de dados na Sociedade Mineira de Catoca, durante o estágio curricular no Departamento de Gestão das Bacias de Rejeitados, no Departamento de Segurança de Trabalho e Meio Ambiente e no Departamento de Sustentabilidade.

## **CAPÍTULO II: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CIENTÍFICA**

---

### **2.1- Mineração, Bacia de Retenção de Rejeitados e seus Impactos Ambientais**

#### **Mineração**

A mineração é uma actividade industrial de extracção de substâncias minerais úteis da crosta terrestre a partir da perfuração, provocando transformações ao meio ambiente. Após a extracção do mineral útil bruto, o mesmo é submetido a uma série de processos de beneficiamento, onde ocorrem as separações físicas e químicas que preparam o mineral de interesse, além de purificá-lo e enriquecê-lo. Como resultado destes processos, o material bruto é dividido em concentrado (útil) e rejeitado (descartável).

#### **Bacia de Retenção de Rejeitados e seus Impactos Ambientais**

As actividades mineradoras produzem grandes quantidades de rejeitados, que são os resíduos sólidos e a água (polpa), resultante dos processos de beneficiamento a que se submetem os minérios e que são armazenados nas chamadas bacias de retenção.

As bacias de retenção de rejeitados são estruturas construídas com o objectivo de reunir e armazenar os rejeitados produzidos em grande escala no acto do beneficiamento do minério (Machado, 2007).

As bacias de rejeitados são responsáveis por alguns impactos ambientais e incidentes / acidentes graves, que estão associados a grandes volumes de rejeitados descartados no meio ambiente. Neste âmbito, devido ao risco e histórico de incidentes / acidentes, em bacias de rejeitados, o planeamento de uma bacia, inicia com a pesquisa do local adequado para a sua implantação, sendo influenciado por todas as variáveis directas ou indirectas que possam interferir nas obras, como as características topográficas, geográficas, hidrológicas, geotécnicas, ambientais, sociais, avaliação dos riscos, o conhecimento das características dos materiais utilizados na obra e do material que será descartado, a dinâmica construtiva e a operação para evitar quaisquer danos imprevistos.

### **2.2- Formas de Deposição dos Rejeitados**

Os rejeitados provenientes das centrais de tratamento de minérios são transportados por tubagem de aço ou carbono, até à bacia onde são depositados. Para os rejeitados chegarem

ao local de deposição, é necessário um estudo antecedente sobre as características dos materiais a depositar, o ciclo de deposição, o clima, o layout da bacia e o design (Sabino, 2014).

As formas de deposição de rejeitados mais utilizadas quando se pretende fornecer a maior parte do material para aumentarem os diques gradualmente e, subsequente ao primário, são por descargas por pontos únicos, por espigote e por hidrociclone (Sabino, 2014).

### **2.2.1- Descargas por Pontos Únicos**

Descargas por pontos únicos (figura 1) são as técnicas de descarga dos rejeitados nas extremidades de um tubo colocado longitudinalmente à bacia. Estas formas de deposição são muitas vezes usadas em descargas de lamas à montante da bacia e quando se deseja dar maior declive e uniformidade à praia, não sendo por essa razão adequados quando se deseja manter longe as fracções finas do rejeitado depositado (Sabino, 2014).



Figura 1: Descarga por pontos únicos (Hugo, 2021)

### 2.2.2- Espigote

Espigote (figura 2) é a técnica de deposição dos rejeitados através de uma válvula de descarga em intervalos regulares, utilizada para obter um fluxo menos uniforme de rejeitados com tendência de criar uma praia uniforme. Esta praia apresenta uma inclinação suavizada, onde a fracção mais grossa do rejeitado localiza-se mais próximo do ponto de descarga e as mais finas vão depositar-se mais longe da zona de vazão. A diferenciação granulométrica do rejeitado na sua deposição, faz com que aumente a variabilidade dos parâmetros de resistência ao corte, deformabilidade e condutividade hidráulica, permitindo a estas variáveis diminuir com o aumento da distância dos pontos de descarga e também a redução da superfície freática. Lighthall (1989) assevera que a velocidade de deposição dos rejeitados, a concentração de sólidos nas zonas de descarga e na válvula de descarga permite o desenvolvimento de praias, oferece estabilidade estrutural para o dique de contenção e ao mesmo tempo cria um caminho longo à infiltração para o dique de contenção que consequentemente fornece a dissipação da pressão nos poros (Sabino, 2014).



Figura 2: Espigote (Hugo, 2021)

### 2.2.3- Hidrociclones

Hidrociclones (figura 3) são dispositivos mecânicos utilizados para separar partículas de granulometria fina da grossa em suspensão, sob acção da força centrífuga. Constituído por uma peça cilíndrica associada a uma secção cónica, uma boca de alimentação, onde é injectada a polpa e duas saídas de polpa. Uma dessas saídas, denominada de vortex, situa-se no topo da parte cilíndrica e tem a função de conduzir as partículas finas ao overflow. Quanto a segunda saída, conhecida por apex, situa-se na extremidade da parte cónica e tem a função de descarregar as partículas grosseiras da alimentação no underflow (Sabino, 2014).

O material de granulometria grosseira proveniente do underflow é utilizado para construção dos diques, enquanto os do overflow são depositados na bacia. A descarga do underflow deve ser monitorizada regularmente para permitir a medição da densidade da polpa, o tamanho das partículas, as pressões na boca de alimentação e ajustar os parâmetros operacionais do dispositivo. Ao aproveitar-se o material do underflow do hidrociclone para a construção do dique é importante que seja realizada à priori uma avaliação deste mesmo material, de forma a verificar se possui uma permeabilidade significativamente elevada, comparativamente às lamas que estão na bacia. Este processo é realizado no sentido de se obter um controlo do nível freático da bacia de retenção, averiguar se os rejeitados permitem a drenagem rápida no momento da descarga e ainda, de que maneira pode facilitar o manuseamento e disseminação dos rejeitados (Sabino, 2014).



Figura 3: Hidrociclone (Hugo, 2021)

## **2.3 - Métodos de Construção de Bacias de Retenção de Rejeitados**

Existe uma variedade de métodos e materiais usados para a construção de diques das bacias dos rejeitados que proporcionam a segurança e estabilidade necessárias à estrutura, com baixos custos operacionais. Uma das maneiras de reduzir os custos na construção e estabilização da estrutura, é através da utilização dos materiais de empréstimo na zona onde poderá instalar-se a bacia de retenção dos rejeitados, no início e ao longo da exploração, e assim, dar o seguimento da utilização do rejeitado aos futuros alteamento do dique, independentemente da técnica a aplicar no alteamento. De outra forma, é importante que os materiais estejam em condições aceitáveis de permeabilidade, de compressibilidade e requisitos de resistência ao corte e devem ser quimicamente estáveis, de modo a não originar drenagem mineira ácida (DMA).

### **2.3.1 - Método à Montante**

Na figura 4, é apresentado o método a montante que inicialmente é construído o dique de partida e nos alteamentos o eixo da bacia desloca-se para montante.

A polpa é descarregada ao longo do perímetro da cista do dique, formando uma praia. A descarga pode ser feita com hidrociclones, ou com uma sequência de tubulações menores perpendiculares à tubulação principal, chamados “espigotes”, que permitem uma melhor uniformidade na formação da praia. Como os rejeitados têm uma distribuição granulométrica ampla, as partículas mais grossas e mais pesadas sedimentam mais rapidamente, ficando nas zonas perto do dique, e as partículas menores e menos densas ficam em suspensão e são transportadas para as zonas internas da bacia de retenção (Machado, 2007).

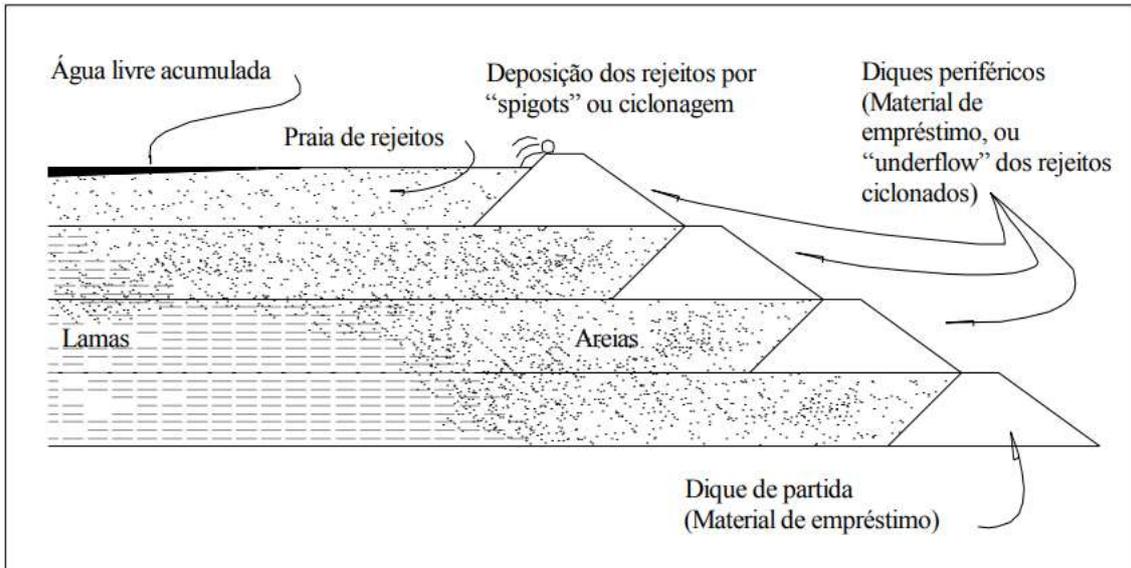


Figura 4: Método de construção a montante (Vick 1981)

### 2.3.2- Método à Jusante

Na figura 5, é apresentado o método a jusante; é chamado assim por que nos alteamentos, o eixo da bacia desloca-se para jusante.

É construído um dique inicial impermeável que deve ter uma drenagem interna, composta por filtro inclinado e tapete drenante. O talude interno da bacia ou talude de montante, nos alteamentos, é impermeabilizado. A drenagem interna e a impermeabilização do talude de montante não são obrigatórias se os rejeitados possuem características de alta permeabilidade e ângulo de atrito elevado (Machado, 2007)

Neste método os rejeitados são ciclonação e o "underflow" é lançado no talude da jusante. Somente são utilizados os rejeitados grossos no alteamento que são compactados quando as características de humidade da zona o permitam; também se pode utilizar material de empréstimo ou estéril proveniente da lavra (Machado, 2007).

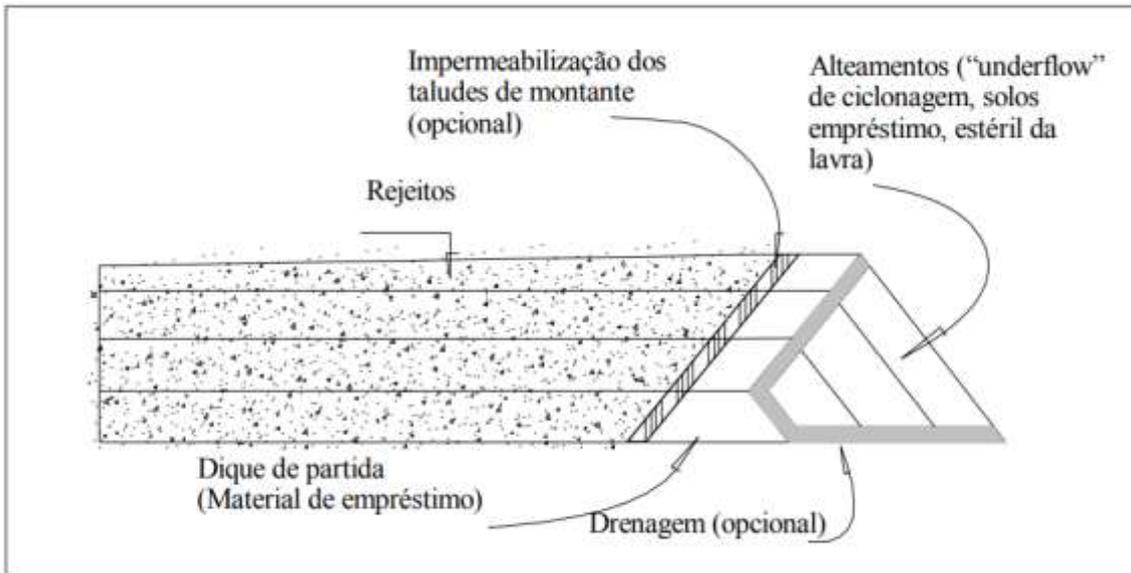


Figura 5: Método de construção a jusante (Vick, 1981)

### 2.3.3- Método da Linha de Centro

O método da linha de centro (figura 6), chamado assim porque o eixo da bacia é mantido na mesma posição enquanto ela é elevada, é uma solução intermediária entre o método de montante e o de jusante (inclusive em termos de custo); embora o seu comportamento estrutural se aproxime do método da jusante. Na figura 6, apresenta-se o método da linha de centro. Inicialmente é construído um dique de partida e o rejeitado é lançado da periferia da crista do dique até formar uma praia. O alteamento subsequente é formado lançando materiais de empréstimo, estéril da mina ou “underflow” de hidrociclones, sobre o limite da praia anterior e no talude de jusante do maciço de partida, mantendo o eixo coincidente com o eixo do dique de partida (Machado, 2007).

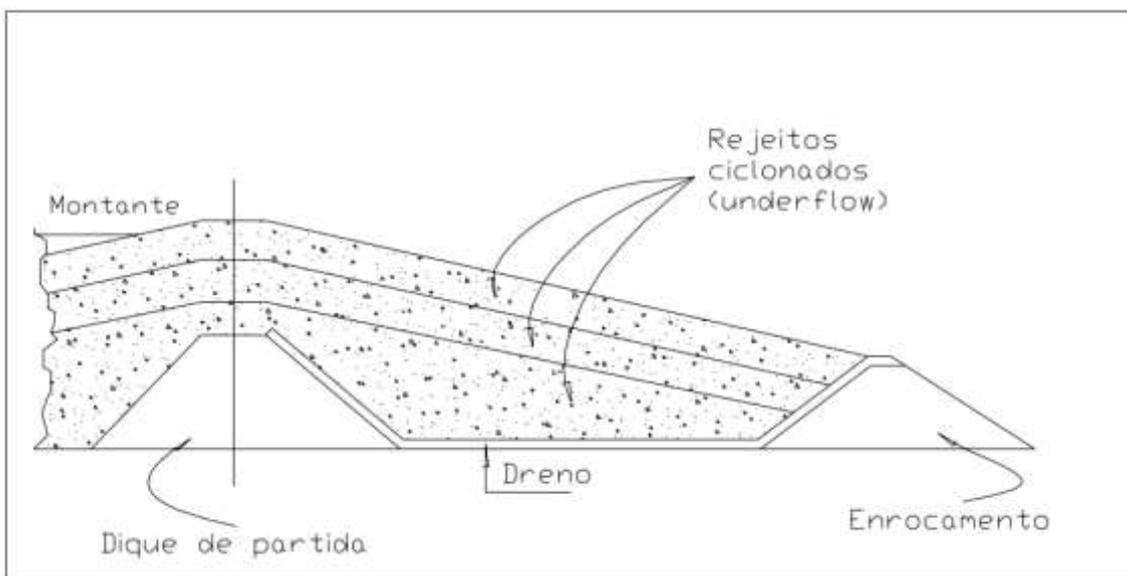


Figura 6: Método de construção de linha de centro (Nieble 1976)

Na Tabela 1, sintetizam-se os métodos construtivos dos três tipos de bacias descritas, além de algumas das vantagens e desvantagens.

Tabela 1: Métodos construtivos, vantagens e desvantagens dos três métodos de construção de bacias de retenção de rejeitados (Soares, 2004)

	<b>Método de Montante</b>	<b>Método de Jusante</b>	<b>Método da Linha de Centro</b>
<b>Método construtivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Método mais antigo, e o mais empregado;</li> <li>• Construção de dique inicial e os diques do alteamento periféricos com material de empréstimo, estéreis da lavra ou com “underflow” de cicloneagem;</li> <li>• Lançamento a partir da crista por cicloneagem ou espigotes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construção de dique inicial impermeável e bacia de pé;</li> <li>• Separação dos rejeitados na crista do dique por meio de hidrociclones;</li> <li>• Dreno interno e impermeabilização a montante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variação do método de jusante.</li> </ul>
<b>Vantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor custo;</li> <li>• Maior velocidade de alteamento;</li> <li>• Utilizado em lugares onde há limitantes de área.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior segurança;</li> <li>• Compactação de todo o corpo da bacia;</li> <li>• Pode-se misturar os estéreis da lavra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variação do volume de “underflow” necessário com relação ao método da jusante.</li> </ul>
<b>Desvantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa segurança devido à linha freática próxima ao talude de jusante, susceptibilidade de liquefação, possibilidade de “piping”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessidade de grandes quantidades de “underflow” (problema nas primeiras etapas);</li> <li>• Deslocamento do talude (protecção superficial só no final da construção).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessidade de sistemas de drenagem eficientes e sistemas de contenção a jusante.</li> </ul>

## **2.4- Primeiras conferências sobre o Meio Ambiente**

### **2.4.1- Histórico**

Em três décadas, as conferências ambientais passaram de eventos pequenos, frequentados apenas por especialistas, a grandes fóruns envolvendo líderes mundiais. A seguir, os principais eventos:

**ESTOCOLMO 1972** - A ONU organiza sua primeira conferência sobre o meio ambiente. Os países presentes acertaram um plano de acções sobre cooperação contra poluição.

**WASHINGTON 1973** - A conferência é encerrada com assinatura do Acordo CITIES, sobre o comércio de plantas e animais ameaçados, que entra em vigor em 1975. Os signatários se encontram a cada dois anos para rectificar a lista de espécies ameaçadas.

**HARARE 1986** - Na Conferência da ONU sobre Meio ambiente e Desenvolvimento, a então primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, alerta que políticas de curto prazo põem em perigo o ecossistema. O chamado Relatório Brundtland dá amplo destaque ao termo “desenvolvimento sustentável”.

**MONTREAL 1987** - Vinte e quatro países assinam um acordo de protecção à camada de ozónio, que filtra parcialmente os raios ultravioleta emitidos pelo Sol. Pelo documento, a produção de substâncias químicas nocivas à camada de ozónio deve ser reduzida à metade até 1999. A maioria dos países industrializados reagiram à decisão proibindo a utilização de substâncias como o clorofluorcarbono e CFCs.

**RIO DE JANEIRO 1992** - A primeira Cúpula da Terra reúne 178 países. A conferência se encerra com a assinatura da Agenda 21, tratando da melhoria do padrão de vida e da protecção do ecossistema mundial. Convenções sobre protecção climática, biodiversidade e desertificação são celebradas a partir daí.

**KYOTO 1997** - Um total de 160 países participam da criação do Protocolo de Kyoto, projectado com o objectivo de diminuir a emissão de gases causadores do efeito estufa responsável pelo aquecimento da atmosfera terrestre. O acordo pede aos países industrializados que diminuam a emissão de gases em 5,2% (com base nos dados de 1990) entre os anos de 2008 e 2012. O Protocolo só entrará em vigor após ser ratificado pelos 55 países responsáveis por 55% das emissões de dióxido de carbono.

**MONTREAL 2000** - Um total de 135 países assinam o Protocolo de Cartagena de Segurança Biológica. O protocolo regula o comércio de organismos geneticamente modificados tais como plantas e sementes. Países podem boicotar a importação de tais produtos mesmo sem comprovação de que a manipulação genética seja nociva ao homem e ao meio ambiente.

**ESTOCOLMO 2001** - Representantes de 120 países assinam uma convenção pelo boicote às substâncias batizadas de “Os 12 sujos”, incluindo pesticidas como DDT e dioxina.

**BONN E MARRAKESH 2001** - Países-membros da ONU concordam em implantar o Protocolo de Kyoto. Mas os EUA, principal emissor de dióxido de carbono, ficam de fora. Até agora, 36% dos 55 países ratificam Kyoto.

**BONN 2001** - Representantes de 182 países concordam com as diretrizes de Bonn para uso de material geneticamente modificado (OGMs) proveniente de plantas e animais. As diretrizes foram planejadas para regulamentar a disputa sobre o uso dos chamados bio-recursos entre países industrializados em desenvolvimento.

#### **2.4.2- Riscos Ambientais**

Consideram-se riscos ambientais os agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador.

Os riscos ambientais surgem ou são transmitidos pelo ar, água, solo ou cadeias alimentares biológicas ao homem. Suas causas e características são, no entanto, muito diversas. Alguns são criados pelo homem através da introdução de uma nova tecnologia, produto ou químicos, enquanto outros, como riscos naturais, resultam de processos naturais que acontecem para interagir com as actividades humanas e assentamentos.

Tabela 2: Riscos Ambientais (Augusto, 2022)

Riscos Físicos	Riscos Químicos	Riscos Biológicos	Riscos Ergonômicos	Riscos de Acidente
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frio</li> <li>• Calor</li> <li>• Ruídos</li> <li>• Pressões Anormais</li> <li>• Vibrações</li> <li>• Radiações</li> <li>• Humidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gases</li> <li>• Fumos</li> <li>• Poeiras</li> <li>• Névoas</li> <li>• Neblinas</li> <li>• Vapores</li> <li>• Produtos químicos em geral</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vírus</li> <li>• Fungos</li> <li>• Bacilos</li> <li>• Parasitas</li> <li>• Bactérias</li> <li>• Protozoários</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jornadas de trabalho prolongadas</li> <li>• Esforço físico intenso</li> <li>• Monotonia e repetitividade</li> <li>• Postura inadequada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminação inadequada</li> <li>• Arranjo físico inadequado</li> <li>• Ferramentas inadequadas ou defeituosas</li> <li>• Máquinas e equipamentos sem protecção</li> </ul>

## 2.5- Enquadramento Legal em Angola

### 2.5.1- Lei Nº 05/98 de Junho – Lei de Base de Ambiente

- Visa alcançar de forma plena um desenvolvimento sustentável em todas as vertentes da vida nacional.
- O artigo 4º consagra o princípio da prevenção em que todas as acções ou actuações com efeitos imediatos ou a longo prazo no ambiente, devem ser consideradas de forma antecipada, por forma a serem eliminados ou minimizados os eventuais efeitos nocivos.

### 2.5.2- Lei Nº 06/02 de 21 de Julho – Lei das Águas

- Consagra o princípio da gestão integrada dos recursos hídricos.
- Define o princípio da água como bem social, renovável, limitado e com valor económico.
- Considera as águas como, propriedade do estado, constituindo parte do domínio público hídrico.
- Visa garantir o uso das águas disponíveis para todos os fins, através da sua utilização racional e planificada, com vista ao desenvolvimento sustentado da economia nacional.
- O artigo 10º considera que a política nacional em matéria de gestão dos recursos hídricos visa igualdade de tratamento e oportunidade para os intervenientes no processo de uso da água, a preservação do bem-estar e do ambiente, a promoção da

prática de uso eficiente da água bem como o incentivo a iniciativa particular relativa ao uso racional dos recursos hídricos disponíveis.

- O artigo 22º classifica as águas, quanto ao uso, em águas de uso comum e águas de uso privativo, sendo o uso comum aquele que resulta da lei e que se realiza sob condição natural, sem formalidades contratuais ou administrativas, e o uso privativo aquele que requer uma licença ou concessão, à exceção do disposto no artigo 26º da presente lei.

### **2.5.3- Lei Constitucional**

#### **Artigo 12º/2**

O Estado promove a defesa e conservação dos recursos naturais, orientando a sua exploração e aproveitamento em benefício de toda a comunidade.

#### **Artigo 24º/2**

O Estado adopta as medidas necessárias à protecção do meio ambiente e as espécies da flora e da fauna nacionais em todo o território e a manutenção do equilíbrio ecológico.

### **2.5.4- Código Mineiro**

Não há um artigo no código mineiro, centralizado na segurança e medidas de controlo de bacias de retenção dos rejeitados. Mas o artigo 70º realça a Protecção dos Recursos Hídricos e apresenta uma exigência legal à criação de circuitos de reciclagem de água, de modo a permitir o reaproveitamento da mesma, nas várias fases da produção mineira. Também exige a análise regular da água em diversos pontos dos rios dentro da concessão, de modo a permitir o controlo da qualidade da mesma.

## CAPÍTULO III: BREVE APRESENTAÇÃO DA EMPRESA E CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO

### 3.1- Breve Apresentação da Empresa

A Sociedade Mineira de Catoca é uma empresa angolana de prospecção, exploração, produção e comercialização de diamantes. A área de produção mineira está situada no Leste de Angola (Lunda Sul - Saurimo), há mil quilómetros de Luanda. A Sociedade foi criada em 1993, pelo Governo de Angola, com o apoio de parceiros russos e brasileiros. A montagem da base do projecto teve início em 1995 com a chegada da primeira equipa ao local em que se desenvolveu a Mina e as operações tiveram início no ano de 1997.

Catoca é a quarta maior mina do mundo e a maior empresa no subsector diamantífero a nível Nacional. A sua exploração é feita a céu aberto, sendo a mesma responsável pela extracção de mais de 75% dos diamantes do território angolano.

Actualmente a Sociedade Mineira de Catoca conta com dois sócios, que são:

- Endiama E.P., empresa angolana de capital público, com uma quota de 59%;
- Alrosa, empresa Russa de capital público, com uma quota de 41%.

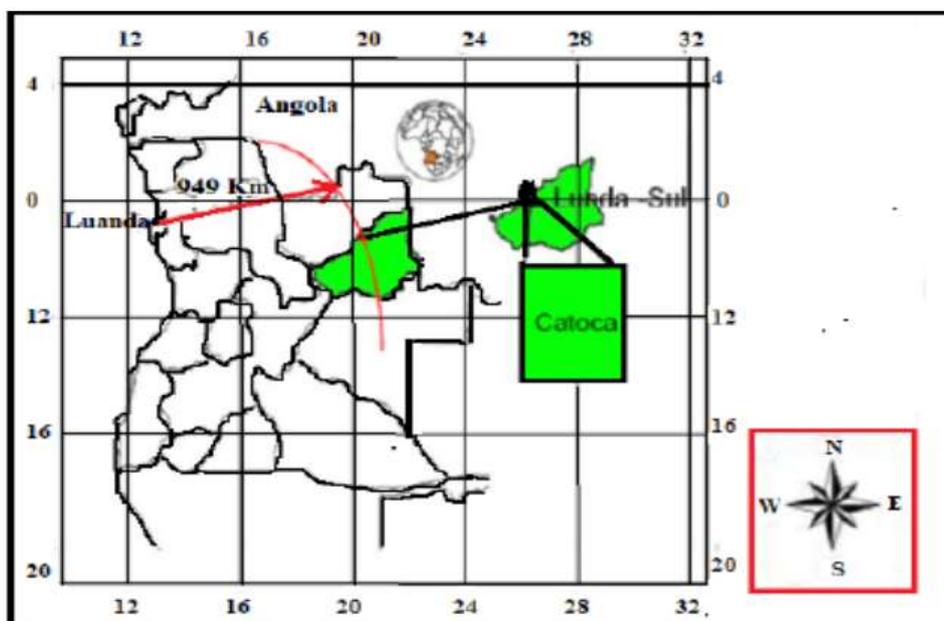


Figura 7: Localização Geográfica da Sociedade Mineira de Catoca

O território da área da concessão da Sociedade Mineira de Catoca encontra-se dentro da folha topográfica 121 – SG34 (escala 1:000000) do Cadastro Topográfico do Estado, numa região situada nos limites entre as Lundas Norte e Sul e, ocupa uma área de 340 km<sup>2</sup>, delimitada por coordenadas geográficas.

Tabela 3: Coordenadas Geográficas de Catoca

Pontos	Latitude Sul (X)	Longitude (Y)	Altitude (Z)
A	9°18'00"	20°15'00"	937 m
B	9°29'20"	20°24'15"	1005 m
C	9°30'00"	20°24'00"	1071 m
D	9°30'00"	20°14'31"	968 m

### 3.2- Caracterização Geográfica da Área de Estudo

#### 3.2.1- Clima e Solo da Região

O clima da região de Catoca é o tropical húmido. Apresenta duas estações típicas durante o ano: a época das chuvas, que vai desde os fins de Agosto até a primeira quinzena da Maio, sendo a temporada mais chuvosa durante os meses de Novembro a Março; e a estação seca, que se estende de Maio a Agosto.

A máxima temperatura registada é de (+37,4°) e a mínima de (+11,6°). A temperatura diária média durante o ano ronda entre (+22,5°) a (+22,8°). As direcções predominantes dos ventos, em função da estação do ano, são de Norte - Nordeste e Sul - Sudoeste. A sua velocidade média cifra-se em 2,0 -2,5 m/s enquanto os valores máximos vão a 16,6 – 18,4 m/s.

Muitas vezes os solos são desagregados pelo volume das quedas pluviais, as savanas existentes não os protegem, salvo em algumas modestas manchas que estão cobertas por uma vegetação rasteira. O solo predominante nesta região é o ferralítico, o paraferalítico e os solos fracamente lavados, conforme pode ser visto na figura abaixo.

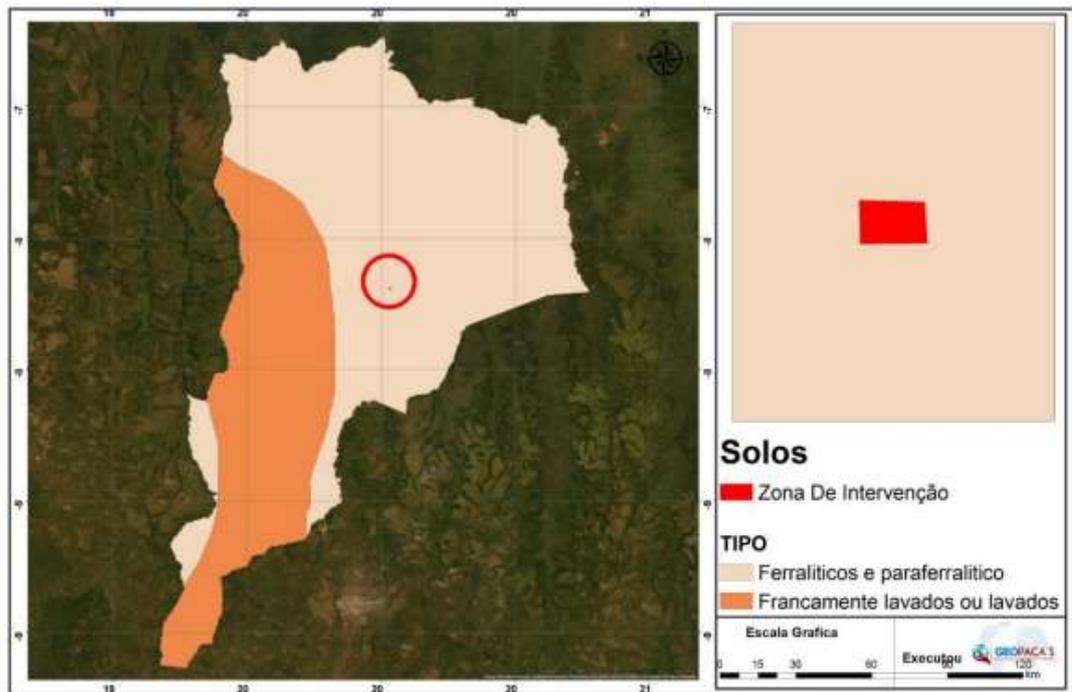


Figura 8: Mapa de solos de Angola

### 3.2.2- Flora e a Fauna da Região

Angola apresenta uma excepcional biodiversidade, devido à grande heterogeneidade de biomas nela representada. Inúmeros factores contribuem para essa grande diversidade de ambientes representados no país, entre eles, a posição geográfica intertropical, a grande variação nas altitudes e a grande variabilidade geológica. A combinação entre as diferentes condições climáticas e pedológicas produziram cenários biológicos extremamente diversos, compreendendo desde a densa floresta tropical até áreas desérticas.

A flora é representada por savana típica, estepe tropical com uma abundante cobertura herbácea, raras árvores e arbustos que formam moitas nas margens dos rios e vales. A diversa fauna apresenta mamíferos de grande porte, aves diversas, répteis, batráquios, peixes e numerosos grupos de vertebrados (felídeos, antópolos, coleópteros, fauna do solo, etc.).

A região de Saurimo, onde se encontra inserido o empreendimento, caracteriza-se por ser uma zona de transição entre os domínios da savana, ao sul da floresta tropical que se estende ao norte, ganhando extensas áreas na República Democrática do Congo. Portanto, não apenas a cobertura vegetal da região, mas também a sua fauna, caracterizam-se pela grande diversidade de animais como o hipopótamo (*Hippopotamus amphibius*), a palanca-vermelha (*Hippotragus equinus*), a pacaça (*Syncerus caffer*), a eita tunganga (*Tragelaphus strepsiceros*),

a quissema (*Kobus defassa*), o leão (*Panthera Leo*), a cabra-de-leque (*Antidorcas marsupialis*), o sacara (*Otocyon megalotis*), os mabecos (*Lycaon pictus*), a geneta (*Genetta angolensis*), o gato-bravo (*Felis silvestris*), o leopardo-caçador (*Acinonyx jubatus*) e etc.



Figura 9: Área de savana arborizada

### 3.2.3- Hidrologia

A rede hidrográfica da região faz parte da bacia da grande artéria fluvial do rio Congo, e está orientada na direcção Norte. Os rios Luembe, Chicapa, Luachimo, Chiumbe, Luxico e outros, fazem parte da mesma bacia, correndo subparalelamente do Sul ao Norte.

Os seus vales são abertos e têm formas de U e V. São estes, rios de médio comprimento, com uma certa frequência de pedregais na sua extensão, impróprios para a vegação e com recursos hídricos potenciais.

O rio mais importante é o Chicapa que corre ao longo do limite Leste da área de concessão de Catoca, onde foi construída uma Central Hidroeléctrica que abastece a SMC e sede da província da Lunda Sul – a cidade de Saurimo. A chaminé de Catoca encontra-se na ladeira direita do vale de curso médio do rio Lova, um dos afluentes do rio Chicapa. O jazigo está situado numa caldeira erosiva natural, formada pelo riacho Catoca que corre acima da própria chaminé.



Figura 10: Rio Chicapa

## CAPÍTULO IV: INFORMAÇÕES GERAIS E INCIDENTE NA BACIA DE RETENÇÃO DE REJEITADOS DA SOCIEDADE MINEIRA DE CATOCA

### 4.1- Localização Geográfica da Bacia de Retenção de Rejeitados

Em termos administrativos e geográficos, a bacia de retenção de rejeitados da Sociedade Mineira de Catoca fica no Nordeste da República de Angola, na parte Noroeste da província Lunda Sul. A mesma fica há mil km da cidade de Luanda e há 4 km das centrais de tratamento (Lunda Sul). A província Lunda Sul, a Norte faz fronteira com a província Lunda Norte, a Sul com a província Moxico, a Oeste com a província Malanje, e a Leste faz fronteira com a República Democrática do Congo (Zaire).



Figura 11: Mina do Catoca e Bacia de Retenção de Rejeitados da Sociedade Mineira de Catoca (Google Earth, 2022)

#### **4.2- Tipo e Classe da Bacia de Retenção de Rejeitados**

A bacia de retenção de rejeitados da Sociedade Mineira de Catoca foi inaugurada em 2005 e destina-se ao depósito e armazenamento dos rejeitados de tratamento do minério diamantífero e clarificação da fase líquida de polpa para utilização na recirculação de água. A bacia de retenção é formada pelo prisma superior de suporte do dique primário no talvegue do Rio Luíte, com 11,70 metros em altura e 319,00 metros em comprimento.

O alteamento do dique de retenção da bacia é realizado através de formação dos diques limitadores (níveis de alteamento) na praia formada da bacia de retenção de rejeitados. A cota máxima de alteamento da bacia é de 997,50 m.

As instalações hidrotécnicas, de acordo com os critérios de classificação de instalações hidrotécnicas por altura, propósito e condições de operação, bem como as consequências possíveis de eventuais acidentes aprovada por Despacho do Governo n.º 986 de 2 de Novembro de 2013 - após a cota de 995,00 metros a altura do dique será 55,40 m, daí o dique pertencer às instalações hidrotécnicas de 2ª classe.

As instalações hidrotécnicas incluem os seguintes tipos de estruturas:

- a) Estruturas de retenção de água: – dique de retenção.
- b) Estruturas hidrotécnicas especiais: – centrais de bombeamento.
- c) Estruturas hidrotécnicas de conduta de água: – tubulações de água clarificada; – conduta de polpa magistral e de distribuição.
- d) Estruturas hidrotécnicas de captação de água: – pontão de captação de água:
- e) Estruturas hidrotécnicas de recolha e passagem de água (inclusive articulantes): – tubulação de descarga.

#### **4.3- Processos de Construção da Bacia de Retenção de Rejeitados**

A construção inicial da bacia de retenção dos rejeitados foi assegurada pelo departamento de construção civil e o sector de terraplanagem do departamento de exploração mineira por um período aproximado de 2 anos. O seu dique primário foi construído até à cota de 950 m. Os alteamentos foram construídos por um tractor buldózer D6- LGP, de execução especial para trabalhar em zonas pantanosas, que empurra o material rejeitado acumulado do

lado da praia e espalha o mesmo sobre todo o comprimento do dique a ser construído e compactados em camadas de 200 mm, sucessivamente. Estas camadas são adensadas por um cilindro compactador - vibrante, em 11 passagens a uma velocidade de 5 km/h, com o objectivo de aumentar a resistência ao corte do material a atingir níveis altos de estabilidade da estrutura e aumentar o peso específico aparente do solo, sob a acção da diminuição de índice de vazios por aperto das partículas e expulsão do ar.

Durante o período da construção do dique a ser alteado, são instalados sobre a estrutura, filtros que retêm as partículas de maiores dimensões e estas por sua vez acomodam nos seus vazios as partículas de menores dimensão, uma rede de drenos colectores com um diâmetro interno de 110 mm, evacuadores de cheias, cachimbos, valas de drenagens ao longo do pé do talude e um tubo de descarga na margem perpendicular aos diques alteados com uma altura de 0,5 m abaixo da cota máxima do dique. Estes mecanismos e acções operacionais são instalados para baixar o nível freático, eliminar a erosão interna no interior da bacia de retenção, evitar que as águas subam à superfície, onde correntes de erosão superficial podem por em perigo a estabilidade do talude.

#### 4.4- Plataformas Flutuantes de Captação de Água

Há alguns quilómetros das Centrais de Tratamento (figura 12), propriamente no Rio Luíte onde se encontra a bacia de retenção de rejeitados, foram instaladas plataformas flutuantes de captação de água (figura 13) com bombas do tipo Magnum (para a CT1) e Bedford (para a CT2) que têm a função de captar a água proveniente do Rio Luíte e bombear em condutas de 1020 mm de diâmetro, até as elevações 1 e 2, com destino às centrais 1 e 2 em condutas de 920 mm de diâmetro.



Figura 12: Centrais de Tratamento. A) CT1, B) CT2 (Autora, 2022)



Figura 13: Plataformas Flutuantes de Captação de Água. A) CT1, B) CT2 (Autora, 2022)

A quantidade de bombas a serem utilizadas em cada plataforma, depende da quantidade de água necessária nas centrais, ou seja, quanto maior a quantidade de água necessária nas centrais de tratamento, maior será o número de bombas a serem utilizadas nas plataformas. No caso vertente, constatou-se que em simultâneo, trabalham 6 bombas para o abastecimento da central 1 e 3 bombas para o abastecimento da central 2.

### **Elevações**

As duas elevações (figura 14) existentes, foram feitas tendo em conta a distância e a capacidade das bombas em bombear a água directamente das plataformas flutuantes para as centrais de tratamento. Por este motivo, elas foram construídas com bombas 1D-1250/1250 (1ª elevação) que bombeia para a 2ª central e 1D-1250/63 (2ª elevação) que bombeia para a 1ª central, de modo que as águas que saem das plataformas, passem primeiro pelas bombas das mesmas e ganham mais pressão para chegarem às centrais através das condutas.



Figura 14: Elevações. A) 1ª Elevação, B) 2ª Elevação (Autora, 2022)

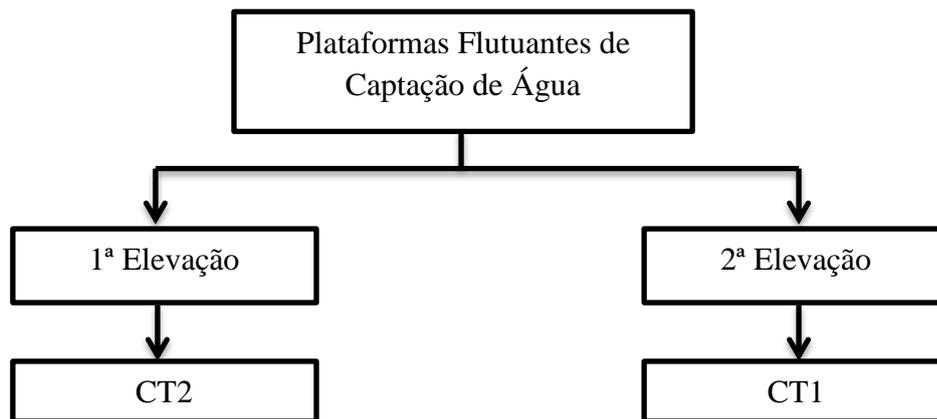


Figura 15: Fluxograma de Captação e Transporte de Água (Autora, 2022)

#### 4.5- Absorção e transporte da polpa

A água que chega às centrais, é utilizada para a lavagem/tratamento do diamante e como resultado deste processo, obtém-se a polpa (rejeitado e água) que é armazenada no *zunfu* (figura 16 e 17, A) por sistema de gravidade e posteriormente é transportada pelas condutas até as bombas em funcionamento das respectivas estações de polpa (figura 16 e 17, B). O *zunfu* é o reservatório onde é armazenada a polpa nas centrais e que está conectado por condutas às bombas das estações de polpa.

Em seguida, as bombas das estações, bombeiam a polpa por intermédio de condutas até à bacia de retenção de rejeitados (figura 16 e 17, C).

#### Estações de Polpa

As estações de polpa foram construídas com bombas do tipo 1Grat 1800/67 (1ª estação) e 1Grat 4000/71 (2ª estação), para absorverem a polpa proveniente das centrais de tratamento e em seguida bombear a mesma para a bacia de retenção de rejeitados.

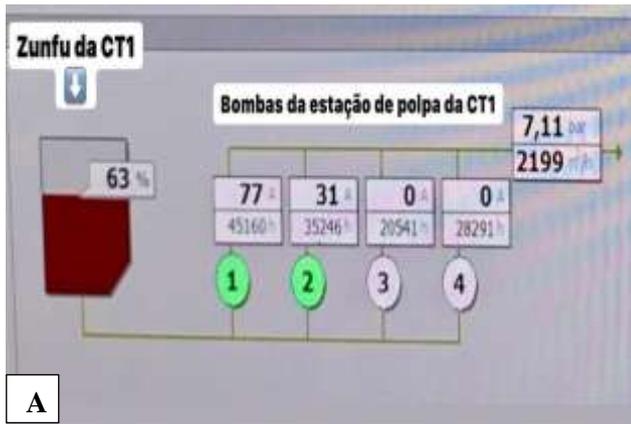


Figura 16: Sistema de transporte da polpa da CT1. A) Zunfu da CT1, B) Estação da CT1, C) Conduto por onde desagua a polpa da CT1 na bacia de retenção de rejeitados (Autora, 2022)

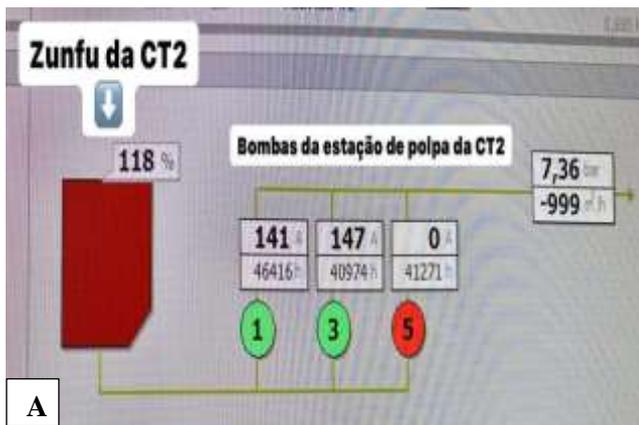


Figura 17: Sistema de transporte da polpa da CT2. A) Zunfu da CT2, B) Estação da CT2, C) Condução por onde desagua a polpa da CT2 na bacia de retenção de rejeitados (Autora, 2022)

#### 4.6- Sistema de Recirculação e Reaproveitamento de Água

A água que sai das centrais para a bacia após o beneficiamento, é a mesma que volta para as centrais para o próximo beneficiamento, fazendo entender assim que trata-se de um sistema de reaproveitamento da água, de modo a diminuir de forma significativa a quantidade de água nova a ser utilizada, bem como minimizar os custos de captação.

Como a água que sai das centrais, apresenta uma coloração avermelhada devido aos resíduos sólidos da crosta terrestre, e para que volte às centrais com uma coloração mais clara, é necessário que a mesma passe por um processo de decantação natural, isto é, as lamas depositam-se no fundo da bacia, melhorando assim a turbidez da água nela contida, permitindo transformar a bacia de retenção em zona de captação dos volumes de água necessária ao processo de tratamento minério nas centrais de tratamento.

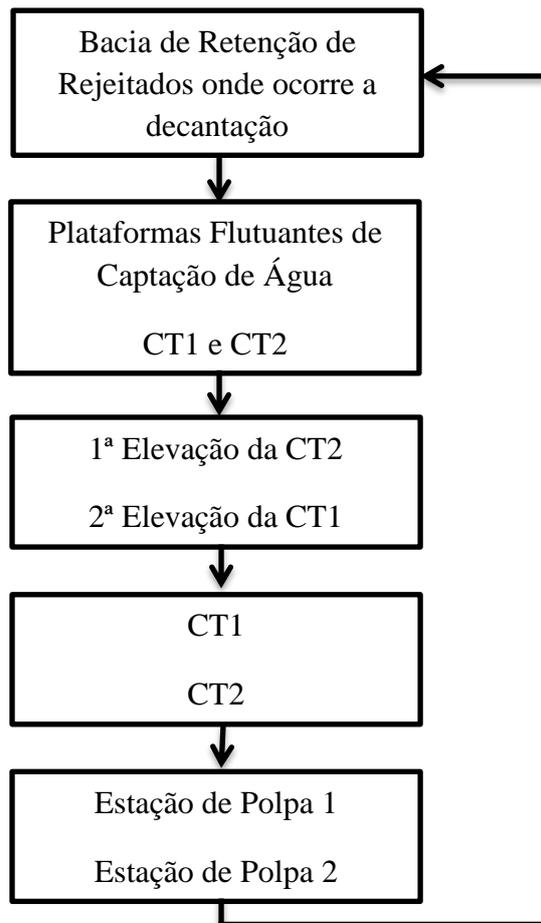


Figura 18: Fluxograma do sistema de recirculação e reaproveitamento de água (Autora, 2022)

#### 4.7- Deposição dos Rejeitados

A deposição é realizada por condutas espigotes (figura 19, A), mediante pontos de drenagens ou bocas de drenagem, com válvula de descarga de 150 mm de diâmetro (figura 19, B) dispostas ao longo da conduta de distribuição da polpa. A abertura da válvula permite a deposição da polpa em cada ponto. Através do processo de segregação hidráulica, os rejeitados mais finos em forma de lama distanciam-se da zona de deposição da válvula de descarga em direcção ao interior da bacia e as grosseiras acumulam-se mais próximo da zona de descarga, dando assim, a formação da praia (Sabino, 2022).

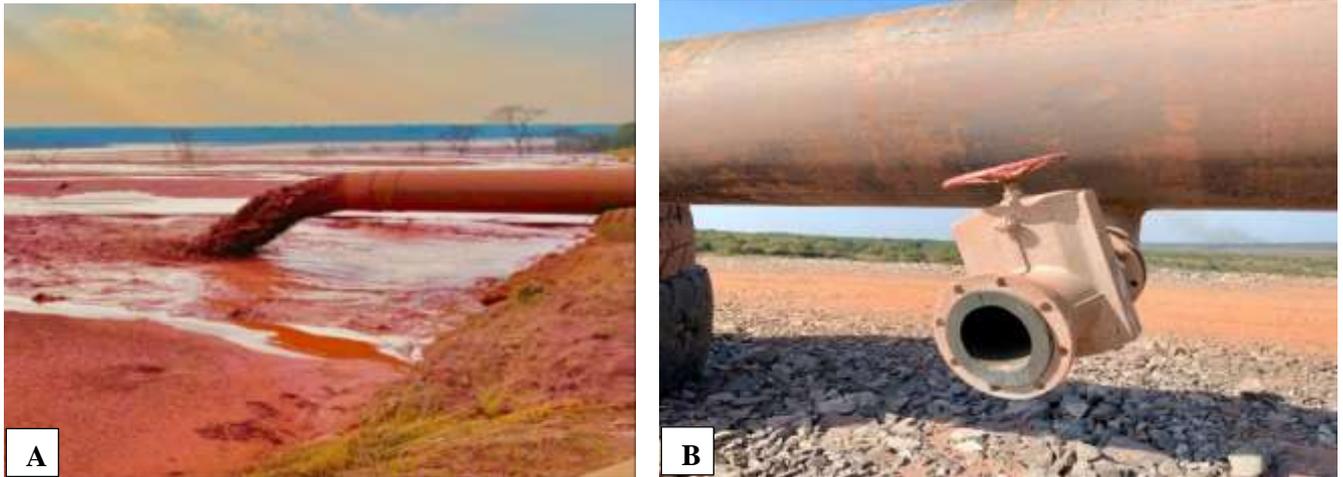


Figura 19: A) Conduto de espigote, B) Válvula de descarga (Autora, 2022)

Para evitar que a água já decantada contida na bacia, transborde e chegue a desabar os taludes, causando assim danos ao meio ambiente, foram construídos três vertedouros a norte (figura 20, A) dentro da bacia de retenção de rejeitados, que servem para regular o nível de água e desafogar a mesma, especialmente em tempos de cheias. Estas águas seguem o seu percurso normal à jusante do Rio Luíte (figura 20, B), para desaguar no Rio Chicapa.



Figura 20: Vertedouros a norte. A) Vertedouros, B) Conduitas por onde desaguan (Autora, 2022)

Dentro da bacia foi construído um dique de filtração (figura 21) que serve para impedir que os sedimentos vazem para o lado onde se encontram as plataformas flutuantes de captação de água. Também foi construído três vertedouros a sul (figura 22, A) para facilitar a passagem da água já decantada para o lado contrário (figura 22, B) da bacia, por onde faz-se a recolha da água para as centrais, através do sistema de bombagem.



Figura 21: Dique de filtração (Autora, 2022)



A



B



Figura 22: Vertedouros a sul. A) Vertedouros, C) Condutas por onde desaguam (Autora, 2022)

A medida que a água da bacia aumenta e os sedimentos vão se aproximando dos vertedouros, tornando a água mais turva, faz-se outros vertedouros há alguns metros acima da mesma conduta, tapam-se os anteriores e aumenta-se também o nível do dique de filtração.

Este processo deve ser feito sempre com a participação da topografia, para que não haja desnível no terreno e ocorra vazamento quando o nível da água aumentar.

#### **4.8- Incidente na Bacia de Retenção de Rejeitados da Sociedade Mineira de Catoca**

No dia 24 de Julho de 2021, por volta das 9 horas da manhã, foi verificada a ocorrência de uma avaria na bacia de retenção de rejeitados (BRR) do Rio Luíte. Estima-se que a avaria terá ocorrido por existência de uma rotura na conduta de descarte de águas supérfluas (período chuvoso) e o conseqüente rompimento da massa polimérica resistente a humidade, utilizada para o tamponamento da mesma conduta no ano de 2016, onde tivera ocorrido uma avaria semelhante, mas com menores dimensões.

Como resultado da avaria, enormes quantidades de polpa (estimativa de 4.000.000 m<sup>3</sup>) foram lançadas para o exterior da bacia de retenção de rejeitados e, seguindo os cursos dos rios a jusantes à mesma, nomeadamente o Lova e Chicapa, provocando assim uma redução do teor de oxigénio e turbidez nas águas dos referidos rios (figura 23).



Figura 23: Turbidez nas águas do Rio Chicapa (Relatório síntese - SMC, 2021)

Por ser o Rio Chicapa o limite fronteiriço entre Angola e a República Democrática do Congo, as autoridades congolezas alegavam que o vazamento da polpa da bacia de retenção de rejeitados de Catoca, estava na origem da morte de alguns cidadãos congolezes e de algumas espécies de peixes, por suposta existência de metais nocivos à vida humana.



Figura 24: Confluência entre o Rio Lova e o Rio Chicapa (Google Earth, 2022)

O histórico do Rio Chicapa, mostra que alguns parâmetros sobre a qualidade das águas já vêm sendo alterados muito antes do início das operações mineiras de Catoca, tendo em conta o Decreto 261/11 sobre a qualidade das águas (figura 25).



Figura 25: Rio Chicapa (Relatório síntese - SMC, 2021)

Da análise feita antes do incidente, fica demonstrado que as análises físico-químicas das águas do Rio Chicapa, antes do incidente da bacia de retenção de rejeitados, mostram uma turbidez e dureza elevada e uma coloração mais cinza em relação ao normal, com várias actividades de exploração artesanal a jusante do rio com Potencial Hidrogeniônico (pH) variando de 7,9 a 8,4 e, oxigénio dissolvido variando de 0,6 a 0,28, numa coluna vertical a mais de 4 metros de profundidade. No entanto, é possível verificar alguma alteração das concentrações por pontos de medição em relação ao incidente.

Sendo o processo de tratamento dos diamantes de Catoca totalmente físico, o vazamento da bacia de retenção de rejeitados de Catoca, liberou uma composição de material de polpa, composta inteiramente por rochas sedimentares e água (30% de partículas de areia e 70% de água). Essa composição não coloca em perigo as espécies marítimas ou organismos do meio aquático. Porém, toda polpa é capaz de perigar os organismos vivos e causar alteração ao meio aquático, dependendo de quanto vazou para este meio.

Em geral, toda indústria mineira é caracterizada pela descarga de rejeitado líquido, constituído por partículas de sólidos em suspensão e fluidos. Outrossim, na sua composição geológico-mineira, esse rejeitado tem na sua decomposição minério pobre, daí o aspecto de lama. Assim sendo, toda e qualquer alteração de características físico-químicas, devem ser observadas e analisadas por análises laboratoriais. De acordo com análises em laboratórios independentes, é possível verificar que a variação de concentração de oxigénio do Rio Lova, deriva apenas da turbidez do meio aquático. Importa mencionar, que no que respeita a concentração de oxigénio em alguns casos, os valores admissíveis de oxigénio dissolvido, variam em função do equilíbrio hidrológico do meio aquático, bem como condições físico-químicas, pressão atmosférica e a temperatura dos ecossistemas.

Por se tratar de águas fronteiriças, devemos levar em conta as normas regulamentadoras da Organização Mundial da Saúde (OMS) em relação aos parâmetros da qualidade da água. No entanto, de acordo com as análises laboratoriais, não se verificou a presença de substâncias que possam ser considerados factores de toxicidade nos organismos vivos daquele habitat, ou que possam estar directamente relacionados com a redução da concentração do oxigénio na água, até a jusante do Rio Cassai, este que recebe as águas do Rio Chicapa, seu afluente. Também foram encontrados valores de pH no intervalo de 8 à 9, que poderá dar-nos a indicação do estado básico no meio aquático, valor que, apesar de serem ligeiramente altos, encontram-se dentro dos limites permitidos pelo Decreto Presidencial

261/11 de 06 de Outubro que indica os valores de referência admitidos para o pH na faixa de 6 à 9.

É possível verificar que os valores de Demanda Química de Oxigénio (DQO) e Sólidos Suspensos Totais (SST) encontravam-se acima do que é regulamentado por lei, no período de 16 à 30 de Agosto de 2021. Isso deveu-se pelo facto da bacia de retenção de rejeitados conter maioritariamente resíduos sólidos (lama) que com o vazamento, os mesmos depositaram-se no Rio Lova, mas que gradualmente sofrem uma atenuação natural. A concentração do nível de ferro e/ou compostos ferrosos é observada em primeira instância pelas características do solo da zona, quer também pelas características da lama oriunda da bacia de decantação, resíduo gerado pelas actividades das centrais de tratamento. Porém, os elementos referenciados acima, não podem ser por si só, componentes ferrosos que tenham uma contribuição elevada no factor de toxicidade.

Desde o momento do incidente até o dia 13.07.2022, foi verificado que não houve redução nos níveis de pH da água do rio, factor que descarta a presença de certos metais tóxicos no rio.

Desta forma, podemos afirmar em primeiro lugar que, sem ser feita uma análise limnológica desde a montante do ponto de descarga de rejeitados, até a jusante do Rio Chicapa, na confluência com o Rio Cassai, antes e depois do incidente, não se pode afirmar que haja mortalidade na República Democrática do Congo por motivos do material proveniente de Catoca. Podemos ainda afirmar, que a variação de concentração de oxigénio dissolvido, não teve impacto directo na cadeia alimentar de fitoplâncton e zooplâncton ao longo do curso do Rio Chicapa, sendo que, a medição na coluna vertical do ponto mais baixo até a superfície do rio, estão acima de 0,3 mg/l, que é considerado o factor de periculosidade para sobrevivência dos organismos vivos no meio aquático.

Desta forma, podemos concluir que não existem produtos, substâncias tóxicas ou perigosas que poderiam causar mortes na República Democrática do Congo, derivados do incidente da bacia de retenção de rejeitados de Catoca.

#### **4.9- Possíveis Causas que levaram a Rotura da Conduta de Drenagem**

As causas reais do rompimento da conduta de drenagem ainda estão a ser estudadas minuciosamente, mas indirectamente pode-se apontar algumas possíveis causas que estiveram na origem do incidente, tais como:

- A inexistência de um projecto de exploração da bacia de retenção de rejeitados concluído até a data da avaria;
- O incumprimento das recomendações da empresa que esteve envolvida no tamponamento da conduta na avaria de 2016, em relação a necessidade de correcção do estado da conduta;
- Inexistência de um projecto de liquidação total da avaria;
- O incumprimento de todas as recomendações indicadas no projecto local, relativamente às medidas de segurança durante a construção do dique com a cota da crista de mil metros absolutos (falta de controlo na utilização de alguns equipamentos não recomendados).

## CAPÍTULO V: ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 5.1- Identificação do Aspecto e dos Impactos Ambientais

Tabela 4: Identificação do Aspecto e dos Impactos Ambientais (Adaptado pela Autora, 2022)

Área e Tarefa a Monitorar	Classificação da Actividade	Aspecto Ambiental
Bacia de retenção de rejeitados – Rompimento da conduta de drenagem	Actividade não rotineira	Descarga de água com sedimentos no meio hídrico
<b>Impactos Ambientais e Natureza dos Impactos</b>		
Degradação do bioma – Impacto Directo		
Impacto visual negativo – Impacto Directo		
Depleção dos Recursos Naturais – Impacto Directo		
Redução da disponibilidade Hídrica – Impacto Directo		
Alteração da qualidade da água – Impacto Directo		
Degradação do ecossistema aquático – Impacto Directo		
Assoreamento e alteração da qualidade da água do Rio Lova, causando alteração massiva de habitat e supressão da vegetação – Impacto Directo		
Perda de espécies vegetais nativas – Impacto Directo		
Incomodidade da comunidade envolvente – Impacto Directo		
Turbidez e interrupção da fotossíntese, diminuindo a incidência de luz no rio – Impacto Directo		
Alteração da migração e reprodução das espécies – Impacto Directo		
Eutrofização dos reservatórios aquáticos – Impacto Directo		

É considerada como uma actividade não rotineira porque segundo o Sector do Meio Ambiente de Catoca, a probabilidade/frequência com que o referido incidente ocorre ao longo de um período de tempo, encontra-se na escala de 1 a 2, que retracta eventos com ocorrência anual ou de difícil ocorrência, sendo que o mesmo ocorre pela segunda vez, com uma diferença de 5 anos. Somente a partir da escala igual ou superior a 3, é classificada como uma actividade rotineira.

## 5.2- Análise Comparativa da Evolução dos Eventos com Imagens do Google Earth

A apresentação das imagens com as suas devidas explicações estarão divididas em:

a) Antes da rotura da conduta, propriamente na data de 15.07.2021 – data indicada pelo relatório do Centro de Pesquisa de Recursos Hídricos da Bacia do Congo, pela qual, ocorreu a poluição no Rio Chicapa na província de Cassai / República Democrática do Congo;

b) Momento da rotura da conduta de drenagem.

### a) Imagens antes da rotura da conduta de drenagem

Na figura 26, no período de 15 a 21.07.2021, verifica-se que a bacia de retenção de rejeitados de Catoca, encontra-se estável, sem nenhuma avaria ou qualquer saída de polpa a jusante à mesma.

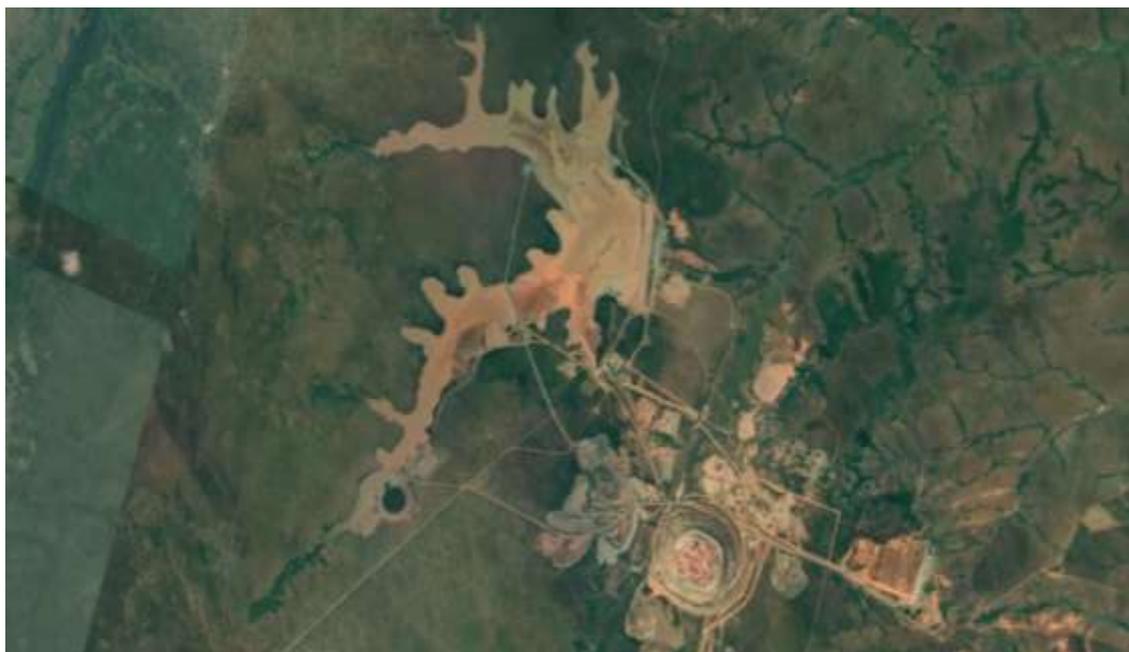


Figura 26: Estado da bacia de retenção de rejeitados de Catoca antes da rotura da conduta (Relatório síntese - 2021)

Apoiando-se nas imagens do período de 10 a 15.07.2021, publicadas pelo Sentinel, através do Visio Terra (Equipe Sentinel Vision, EVT919, 2021), podemos constatar no período referenciado, que as minas de Maludi, Chitia e Lunhinga (figura 27 e 28), apresentam altos índices de turbidez, fazendo com que a água esteja avermelhada. No entanto, verifica-se que as águas avermelhadas destas minas, correm até ao Rio Cassai, por serem afluentes directos.



Figura 27: Imagem verificada na zona de Maludi (Relatório síntese - SMC, 2021)



Figura 28: Imagem Verificada na zona de Chitia (Relatório síntese - SMC, 2021)

No entanto, foi verificado também na figura 29, próximo a zona de Maludi, algumas minas, com índices de turbidez iguais ao do Rio Lubembe - afluente do Rio Cassai.



Figura 29: Imagem Verificada na zona próximo ao Maludi (Relatório síntese - SMC, 2021)

Na figura 30, as minas de diamante Luau e Camatchia-Camagico, já estavam vazando material vermelho para o Rio Chicapa – afluente do Rio Cassai em 15 de Julho de 2021.



Figura 30: Imagem Verificada das minas de diamante Luau e Camatchia-Camagico vazando material vermelho para o Rio Chicapa (Relatório síntese - SMC, 2021)

## b) Momento da rotura da conduta de drenagem

Na figura 31, datada de 24.07.2021, verifica-se dentro do círculo preto, uma quantidade de pluma a ser formada (impacte não significativo ao meio hídrico), isto é, a data pela qual registou-se avaria no sistema de drenagem de Catoca. A seta vermelha indica o local, pela qual, ocorria a saída da polpa (30% de areia e 70% de água).



Figura 31: Imagem verificada do momento da saída de polpa (Relatório síntese - SMC, 2021)

Na figura 32, datada de 25.07.2021, verifica-se a formação da pluma acentuada na zona de rotura (círculo preto) e a consequente, turbidez causada ao Rio Lova. No entanto, a bacia continua intacta sem apresentação de alguma anomalia de infra-estrutura.



Figura 32: Imagem verificada do momento de formação da pluma (Relatório síntese - SMC, 2021)

Na figura 33, datado de 26.07.2021 a 03.08.2021, verifica-se que a pluma se desenvolveu consideravelmente, embora não tenha aumentado significativamente (círculo preto). Neste período, verifica-se também, na mesma figura, os acessos dos equipamentos para a construção dos diques de filtração e o aterro de gnaisses utilizado para o tamponamento da zona da rotura da conduta, há 35 metros de profundidades (círculo branco).



Figura 33: Imagem verificada do desenvolvimento da pluma, a construção dos diques e o aterro de gnaisses para o tamponamento da zona da rotura (Relatório síntese - SMC, 2021)

Após uma breve descrição dos eventos por imagens, constatou-se que, a poluição observada em 15 de Julho de 2021, na República Democrática do Congo, não parece ter vindo de Catoca, de acordo com as imagens, o que sugere um segundo evento corrido em outra mina da região, uma vez que a maior parte das minas da região, não possuem bacia de retenção de rejeitados, o que faz com que as mesmas descartem a polpa directamente para os rios.

### 5.3- Medidas para a Mitigação dos Impactos Ambientais e Medidas Preventivas

Para minimizar o vazamento, fez-se um tamponamento a montante no local onde havia a rotura (figura 34), com gnaisse de várias granulometrias, estéril por ser um material não permeável e o próprio rejeitado, criando assim a crista na área da rotura. Mas como após o tamponamento, ainda saia água turva na extremidade à jusante da conduta (figura 35), decidiu-se então construir um colector de recepção (figura 36), que tinha como objectivo,

receber as águas turvas, sedimentá-las e decantá-las para posteriormente com auxílio de uma bomba, serem bombeadas para o leito do Rio Luíte, onde está localizada a bacia de retenção de rejeitados. A partir da mesma conduta, conseguia-se medir a vazão máxima e mínima e aferir a qualidade dos sedimentos que saiam da bacia.



Figura 34: Tamponamento a montante. A) Tirada em 27.07.2021 (Catoca, 2021) , B) Tirada em 27.07.2022 (Autora, 2022)



Figura 35: A) Conduta que se rompeu a jusante (29.09.2022), B) Conduta que se rompeu a jusante (22.06.2022) (Autora, (2022)



Figura 36: Colector de Recepção a jusante a bacia de retenção de rejeitados (Autora, 2022)

### **Construção dos diques de retenção e filtração**

A outra estratégia para impossibilitar que a polpa continuasse a vazar para os rios a jusante, foi a construção de diques de retenção, filtração e sedimentação.

#### **1º Dique a jusante a bacia de retenção de rejeitados**

Há aproximadamente um quilómetro e meio da bacia, foi feito o 1.º dique (figura 37) que conseguiu reter mais de 1.000.000 m<sup>3</sup> de sedimentos derivado da rotura que vinha em direcção ao dique. Além da retenção, também funcionou como um filtro, ou seja, a medida que sedimentava, ocorria também a decantação, onde as partículas mais grossas ficavam à montante do dique e as mais finas passavam por baixo, em direcção à jusante com uma água ligeiramente mais clara. Por ser uma área muito chuvosa e como na altura havia muita água a vazar, colocou-se dois drenos, um em cada extremidade do dique e fez-se um canal de emergência à montante do mesmo (figura 38), de modo ao dique não ficar submerso em caso de chuvas fortes.



Figura 37: 1º dique (Autora, 2022)



Figura 38: Canal de emergência (Autora, 2022)

## **2.º Dique a jusante ao 1º Dique**

Neste 2º dique (figura 39), tendo em conta a localização da área, colocou-se apenas um canal de emergência, porque não havia necessidade de se colocarem drenos porque passaria muitos sedimentos à jusante do mesmo. O objectivo era que ele enchesse e a medida que tivesse um tempo de retenção maior, a água tornava-se mais limpa porque as partículas ficariam em baixo.



Figura 39: 2º Dique (Autora, 2022)

### 3.º Dique a Jusante ao 2º Dique

Este é o último dique (figura 40) com efeito cascata, que fica ao longo do Rio Lova, afluente do Rio Chicapa. Foi colocado um manto filtrante formado por fibra curta de poliéster (figura 41) e feita uma ligeira elevação a montante do mesmo, para que mais ou menos no meio do dique, se formasse uma bacia com o objectivo de diminuir a velocidade da água, permitindo que a mesma decantasse e posteriormente avançasse a jusante do rio já mais limpa e com poucos sedimentos.



Figura 40: 3º Dique (Autora, 2022)



Figura 41: Manto filtrante (Autora, 2022)

Nos 3 diques, foi colocado um limnómetro (figura 42) num ponto qualquer, com monitoramento constante, que serve para controlar o nível da água, uma vez que o volume da mesma, varia consoante o clima (épocas secas e chuvosas).

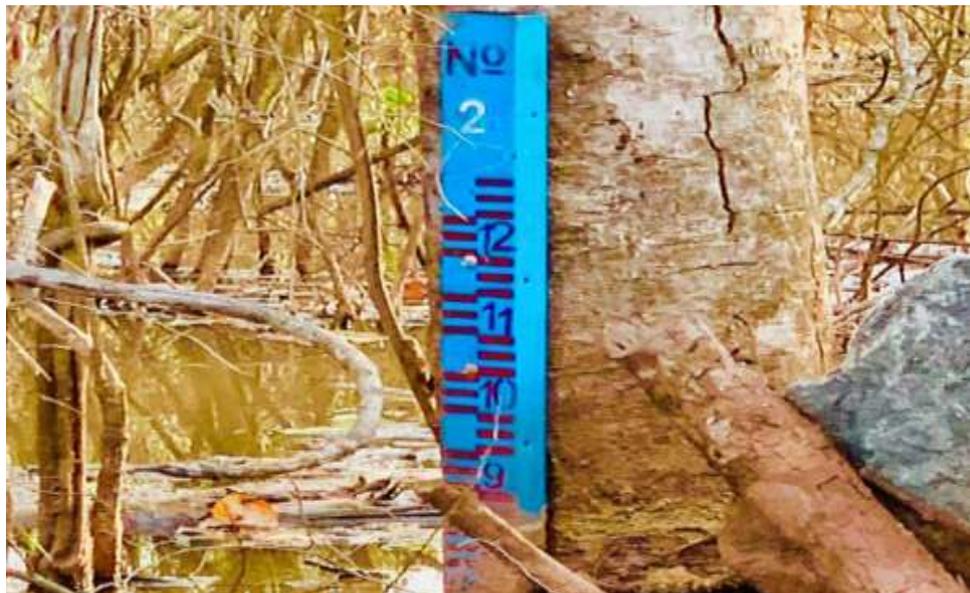


Figura 42: Limnómetro (Autora, 2022)

Além das medidas de mitigação implementadas pela empresa mineradora, é possível indicar a construção de bacias de retenção de rejeitados subsequentes como forma de segurança, com a finalidade de reter rejeitados em caso de roturas de condutas ou até mesmo do dique principal, diminuindo assim a abrangência da área afectada e a magnitude dos impactos. Bem como também, um estudo amplo do posicionamento da bacia de retenção de rejeitados, de modo que a instalação não ocorra próximo a vilarejos ou outras áreas ocupadas

por população humana, visando a diminuição de riscos de perdas de vidas humanas em caso de rompimento e danos económicos por destruição de residências e perda de outros bens.

Outra forma de mitigação é o lançamento dos rejeitados em outros locais como, por exemplo, o lançamento da polpa de rejeitados nas cavas a céu aberto, reduzindo a deposição na bacia, eliminando a implantação de uma nova ou até mesmo aumentando a vida útil da existente. Se os rejeitados possuírem potencial para aproveitamento com outras finalidades, como a agrícola, poderá ser amplamente utilizado, como o pó de calcário industrial disposto como correctivo de pH de solos, atendendo as necessidades do mercado agrícola (IBRAM 2016). Além da alternativa anteriormente citada podem ser destacadas outras como: rejeitados espessados, filtragem de rejeitados, deposição subaérea e empilhamento drenado. Essas metodologias de deposição auxiliam na diminuição da necessidade de área para seu armazenamento, apresentam menor risco de causar problemas quando comparadas com bacias de retenção, além de possuírem baixo custo e modo operacional simples (Fonseca et al. 2019).

Essas soluções diminuem as possibilidades de ocorrência de desastres como os de Mariana e Brumadinho (Brasil) e ainda podem possuir retorno financeiro, como no caso de o rejeitado ser utilizado na agricultura.

Para mitigar a perda de cobertura vegetal e diminuir os efeitos do assoreamento de corpos hídricos e a degradação do solo, pode-se desenvolver um plano de recuperação de áreas degradadas, baseado no plantio de mudas de espécies nativas da fitofisionomia em que a área está inserida e enriquecimento das áreas florestais que permaneceram após o ocorrido. Para garantir uma maior taxa de sucesso do plano de recuperação de áreas degradadas, é aconselhável a realização da biorremediação com plantas capazes de se desenvolver no solo impactado pela lama. Assim, as condições ambientais se tornarão mais adequadas para o desenvolvimento das outras espécies de plantas nativas.

Além das medidas que podem ser tomadas pela empresa e órgãos públicos após eventos semelhantes, é evidente a necessidade de desenvolvimento de medidas preventivas. Em empreendimentos que se faz o uso de bacias de retenção de rejeitados de minérios, tendo conhecimento da possibilidade do seu rompimento ou da rotura de alguma estrutura que a compõem, devem possuir sistemas para aviso aos moradores próximos e aos funcionários caso ocorra a rotura, como por exemplo, sistema de alerta de bacias, estando essas medidas incluídas no plano de contingência do empreendimento. O treinamento das equipes que

integram o quadro de funcionários é indispensável, pois em emergências, são os primeiros a serem atingidos pelos impactos. Os residentes próximos e nas áreas de influência desses empreendimentos também devem receber treinamentos e possuírem conhecimentos sobre possíveis rotas de evacuação, diminuindo o número de mortos e feridos.

Tendo em conta cada impacto causado pelo aspecto ambiental, deixa-se as seguintes propostas de medidas de minimização ambiental a adoptar em caso de futuros incidentes:

Degradação do bioma → Implementação de um plano de avaliação ambiental, retenção de sedimentos e recuperação ambiental.

Impacto visual negativo; Depleção dos Recursos Naturais; Redução da disponibilidade Hídrica → Dar um tempo de 2/3 meses para que haja maior drenagem na área afectada, para se puder intervir convenientemente e fazer-se um teste com algumas sementes experimentais de modos a analisar a fertilidade e regeneração do solo, tanto da camada a recuperar como das espécies em teste; Implementação de uma camada vegetal fértil de solo e hidrossemejar as espécies de corte a regenerar; Implantar espécies de médio porte e plantio de espécies.

Degradação do ecossistema aquático; Assoreamento e alteração da qualidade da água do Rio afectado, causando alteração massiva de habitat e supressão da vegetação; Perda de espécies vegetais nativas; Incomodidade da comunidade envolvente; Turbidez e interrupção da fotossíntese, diminuindo a incidência de luz no rio → Monitorização da qualidade da água dos rios afectados (poluídos); Desassoreamento das planícies de sedimentos ao longo de trechos dos rios afectados por meio de escavadeiras e reutilização nas escombrelas e restituir o traçado; Dimensionar e construir uma bacia de decantação antes da confluência dos rios a jusantes à bacia.

Alteração da migração e reprodução das espécies → Levantamento da herpetofauna afectada no incidente e elaboração do programa de repovoação das espécies no seu habitat natural.

Alteração nos biomas e na qualidade de vida da população → Execução do plano de contingência ambiental, auditorias ambientais internas e publicadas no plano de recuperação das áreas degradadas; Monitorização geoambiental da bacia de retenção de rejeitados;

Execução do programa de sensibilização e preparo da população em caso de rompimento da bacia de retenção de rejeitados ou de algum componente pertencente a mesma.

Para se evitar constantes roturas nas condutas de descarga de polpa da bacia de retenção de rejeitados, recomenda-se também substituir as mesmas por outras com espessura maior, contribuindo assim para o bom funcionamento das estações de polpa, criar mecanismos próprios com profissionais adequados (como mergulhadores) para se fazer o monitoramento mensal ou trimestral das condutas de drenagem, especialmente as que encontram-se a uma grande profundidade, antecipando assim possíveis roturas e vazamentos.

Tendo em conta a localização da bacia de retenção de rejeitados, recomenda-se a elaboração de um estudo do terreno com recurso a especialistas (como topógrafos, geofísicos geólogos e engenheiros de minas), a fim de se saber o melhor local para a construção de uma conduta ou quantas forem necessárias, para funcionar como vertedouro, com material mais resistente ao metal, como o concreto, de modos que sejam evitadas roturas causadas pelo desgaste do metal e que conseqüentemente originam vazamentos e danos ao meio ambiente.

Tendo em conta o factor económico, caso seja mais viável a utilização de condutas de metal, que elas sejam com uma espessura maior do que a que se tem disponível actualmente, de modo que o seu tempo de desgaste seja maior e que antes de apresentarem alguma anomalia, sejam desactivadas com o preenchimento interno de material com alta resistência e sem nível de permeabilidade, após um certo período, como por exemplo 6 meses ou 1 ano.

### 5.3.1- Imagens de Melhorias após a Implementação das Medidas de Mitigação

Após a implementação das medidas de mitigação, pode-se verificar com as imagens apresentadas abaixo (figura 43 e 44), a recuperação ambiental do Rio Chicapa por atenuação natural.



Figura 43: Zona de confluência entre o Rio Lova e o Rio Chicapa, após a construção dos diques filtrantes (Relatório síntese - SMC, 2021)



Figura 44: Melhoria significativa na recuperação ambiental por atenuação natural do Rio Chicapa e o efeito das medidas de mitigação implementadas (Tirada 20 dias depois - Relatório síntese - SMC, 2021)

#### **5.4- Impacto Social e Apoios Prestados**

Como algumas comunidades do perímetro do Rio Chicapa, isto é, do Bairro Samusseleca e Sambiza e algumas povoações que fazem parte da mesma circunscrição, que dependem da pesca e de trabalhos de campo para o seu sustento, mostraram a sua insatisfação perante o ocorrido e alegaram a morte de algumas espécies de peixe, o sector de Responsabilidade Social e Relações com a Comunidade, com o apoio de alguns membros do Departamento de Segurança de Trabalho e Ambiente, alguns membros da Administração e da Polícia, realizaram uma visita às mesmas comunidades de modo a constatar a veracidade da informação.

Postos nos locais, fez-se um levantamento de quantas famílias foram afectadas, tendo registado um total de 146 famílias. Para salvaguardar o bem-estar das populações que lá habitam, foram criados meios e mecanismos de modo a mitigar algumas necessidades das mesmas, para que a situação fosse ultrapassada da melhor maneira possível. Foram construídos dois sistemas de abastecimento de água, 20 tanques para a criação de peixes e realizados trabalhos de lavra comunitária para a plantação de mandioca, beneficiando 45 chefes de família, sendo cada um possuidor de uma área de meio hectare (50m<sup>2</sup>). De Agosto à final de Dezembro de 2021 foram feitas visitas constantes e distribuídas 219 cestas com bens essencialmente alimentícios. No quadro desta acção junto da comunidade, Catoca tem prevista a construção de uma escola num dos pontos das comunidades afectadas, devido ao número excessivo de crianças existentes naquelas comunidades.

Actualmente, o Rio Chicapa já encontra-se com água limpa e com muitos peixes para serem consumidos pela população.

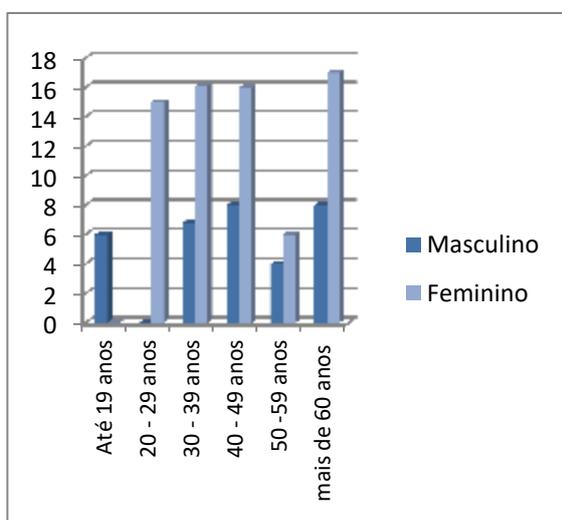
#### **5.5- Análise Quantitativa do Relato dos Moradores Afectados**

No dia 5 de Junho do ano corrente, a autora e os responsáveis do sector de Responsabilidade Social e Relações com a Comunidade fizeram uma visita ao Bairro Samusseleca, para constatar de perto os apoios prestados por Catoca às populações afectadas. Aproveitando a oportunidade, fez-se algumas entrevistadas, de forma aleatória a 37 pessoas afectadas, entre 19 e acima de 60 anos.

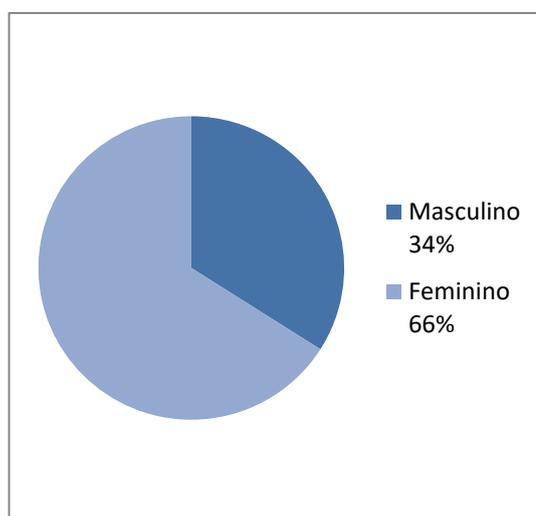
A seguir são apresentados os resultados, em formato gráfico, considerando as questões apresentadas na seguinte ordem: Identificação; Trabalho e Renda; Família; Sobre o vazamento; Apoios prestados; Relação com a empresa.

Na Figura 45, são apresentados os gráficos relativos as respostas presentes no questionário acerca da identificação das pessoas afectadas pelo vazamento da rotura da conduta de drenagem.

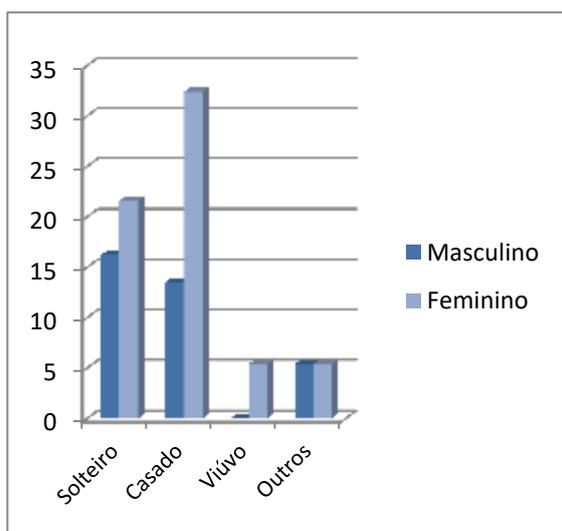
Faixa Etária



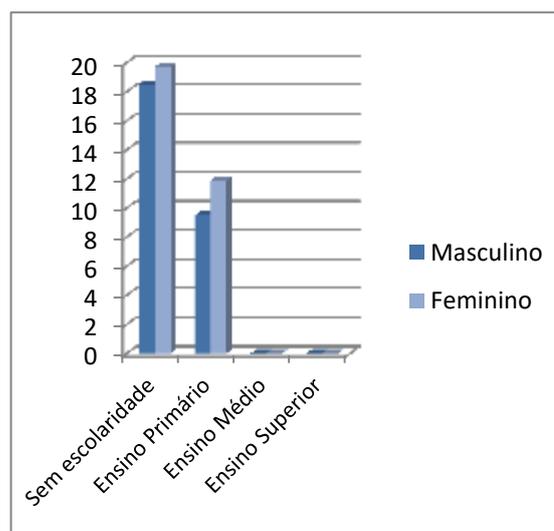
Género declarado pelas pessoas



Estado Civil



Nível de Escolaridade



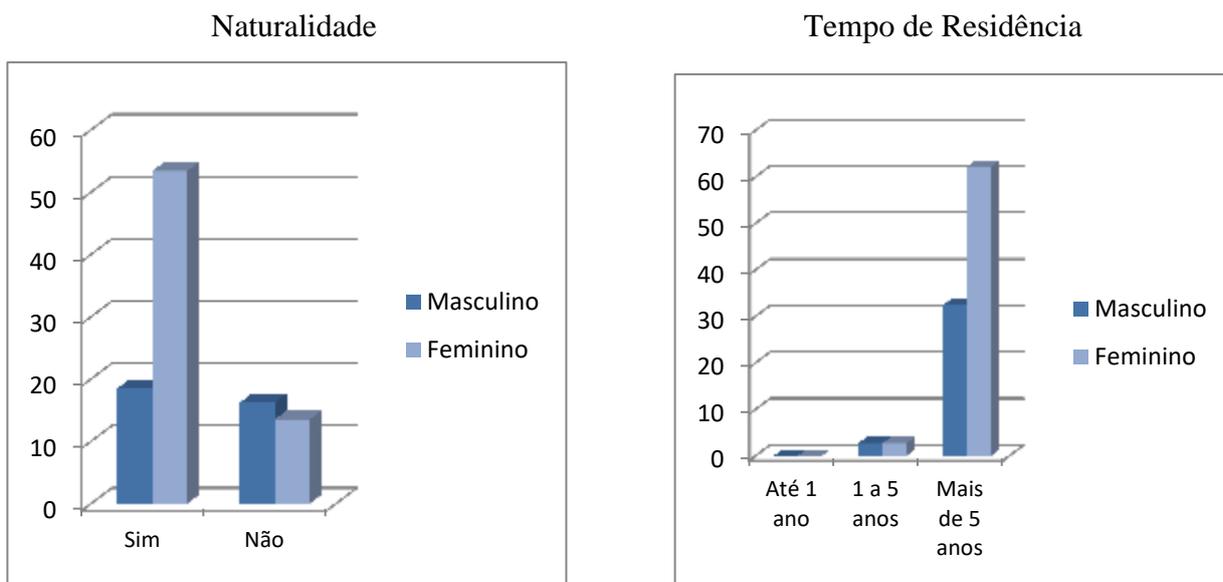
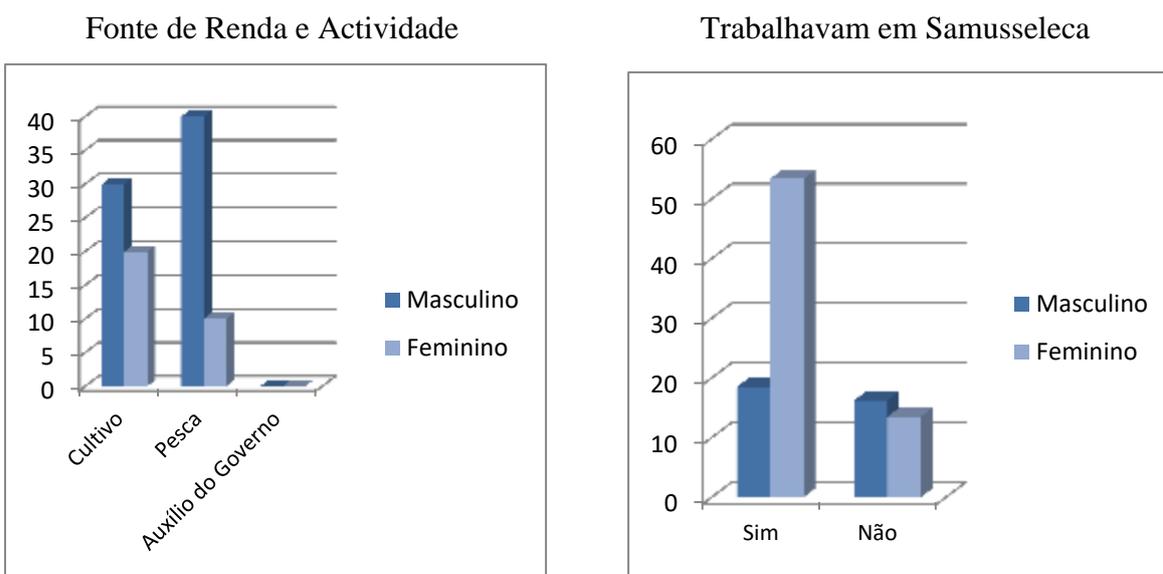


Figura 45: Identificação considerando a faixa etária, o género declarado pelas pessoas, estado civil, a naturalidade e o tempo de residência declarado pelas pessoas afectadas pelo vazamento (Autora, 2022)

Com relação à residência e tempo de residência no Bairro Samusseleca, todos os entrevistados, mulheres e homens, foram unânimes nessa resposta: residiam em Samusseleca, sendo que a maioria declarou residir na região por tempo superior a cinco anos.

Na figura 46, são apresentados os gráficos referentes as respostas presentes no questionário com respeito aos trabalhos desenvolvidos e rendas obtidas pelas pessoas afectadas pelo vazamento originado pela rotura da conduta de drenagem.



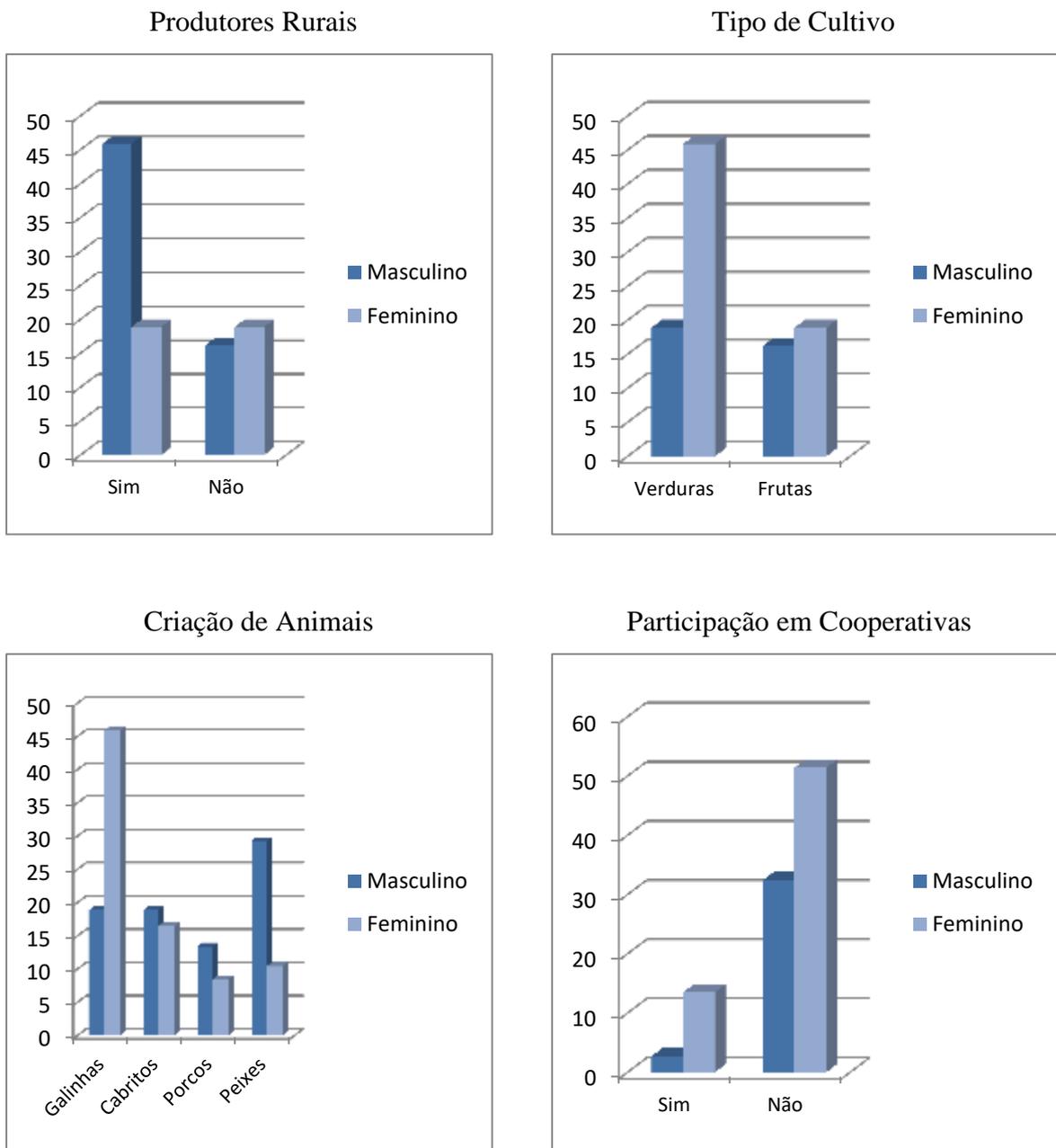


Figura 46: Trabalho e Renda declarado pelas pessoas afectadas pelo vazamento originado pela rotura da conduta de drenagem, considerando a dependência da renda; se trabalhava ou não na região; se era produtor rural; se cultivava a terra; se criava animais e se participava em cooperativas (Autora, 2022)

Na figura 47, são apresentados os gráficos referentes as respostas presentes no questionário, voltadas as características das famílias das pessoas afectadas pelo vazamento originado pela rotura da conduta de drenagem.

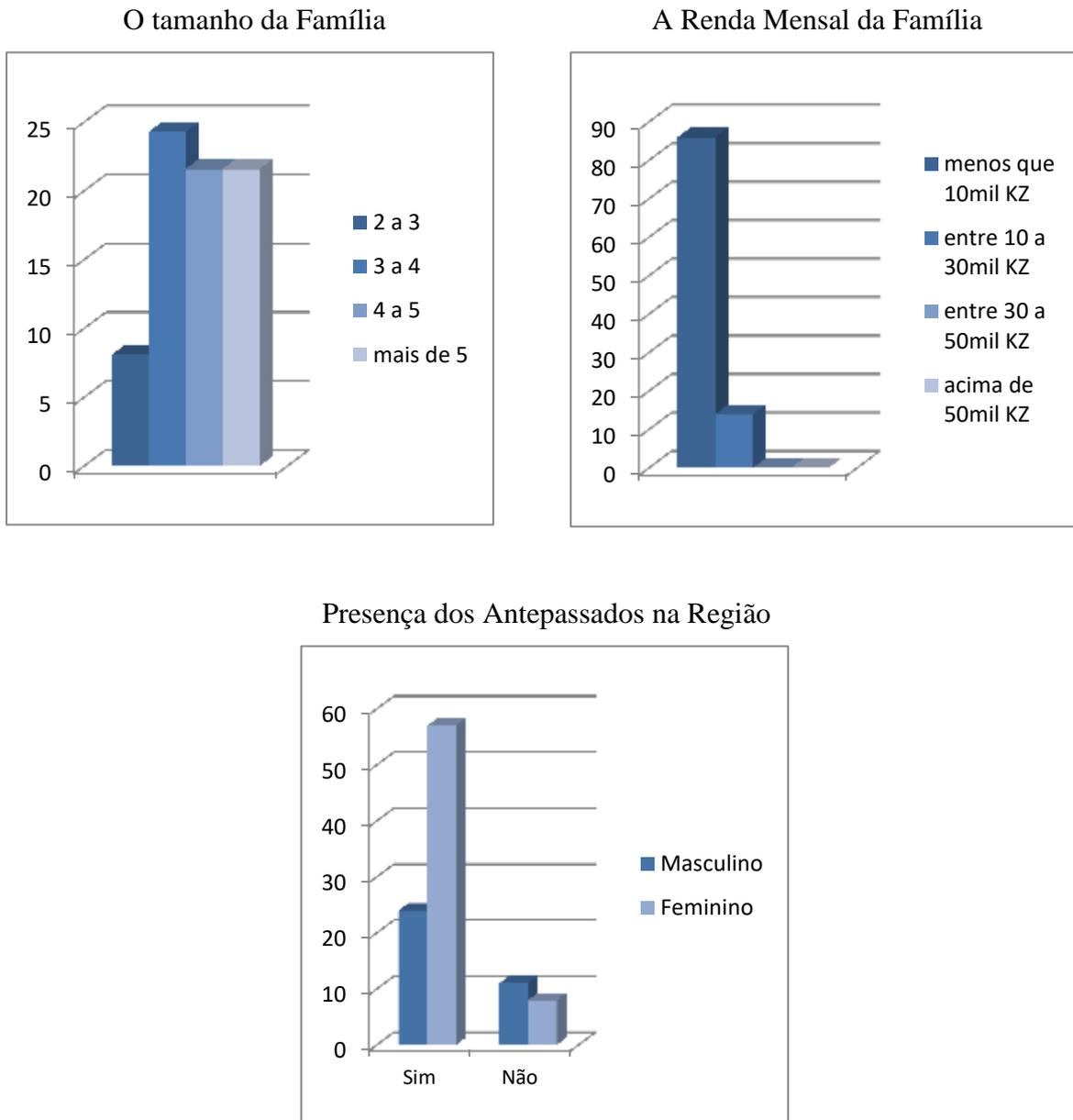
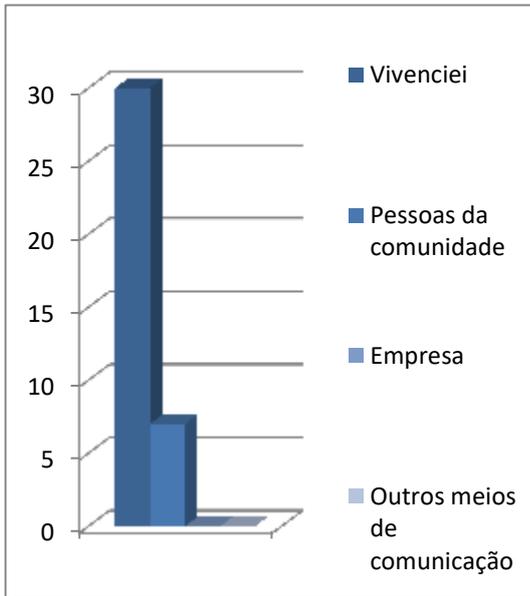


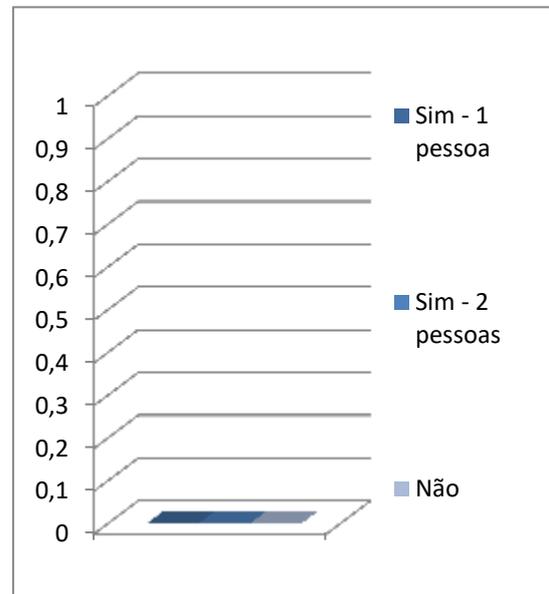
Figura 47: Características das famílias considerando o número de pessoas que moravam juntas em uma residência, a renda mensal daquela família e a presença, ou não, de antepassados residindo na região afectada pelo vazamento originado pela rotura da conduta de drenagem (Autora, 2022)

Na Figura 48, são apresentados os gráficos referentes as respostas presentes no questionário, relacionadas ao incidente e as perdas decorrentes do vazamento originado pela rotura da conduta de drenagem.

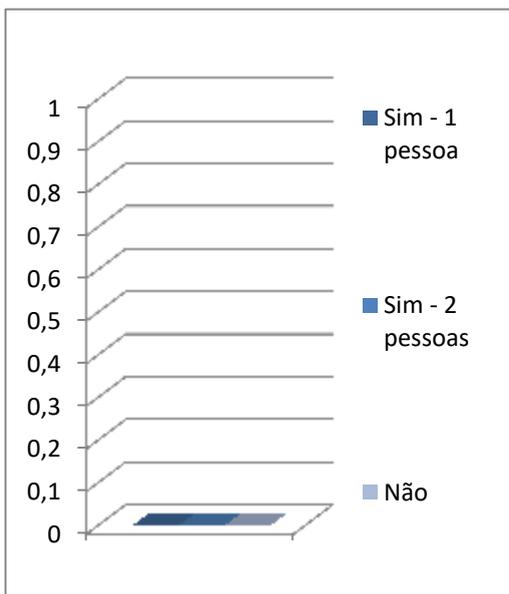
O Conhecimento sobre o Vazamento



Perdas por Morte na Família



A Existência de Feridos na Família



Perdas decorrentes do Vazamento

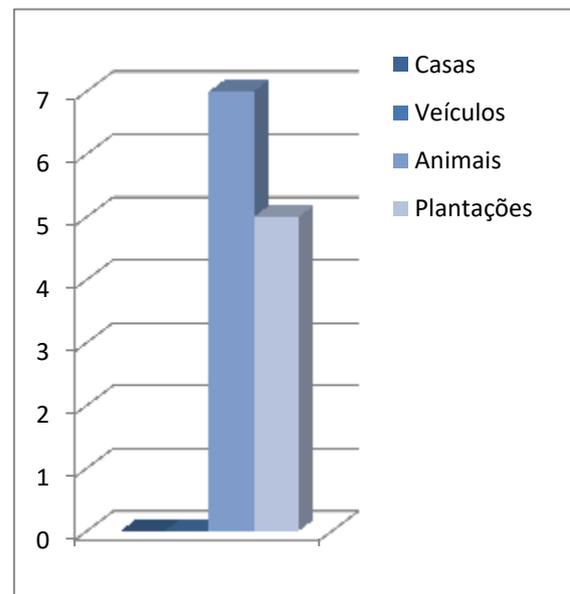


Figura 48: Declarações referentes as consequências directas do vazamento, desde o conhecimento do mesmo até as perdas por morte, ocorrência de feridos e perdas materiais declarado pelas pessoas afectadas pelo vazamento originado pela rotura da conduta de drenagem (Autora, 2022)

Na Figura 49, são apresentados os gráficos referentes as respostas presentes no questionário, alusivo aos apoios prestados às famílias afectadas após o vazamento originado pela rotura da conduta de drenagem.

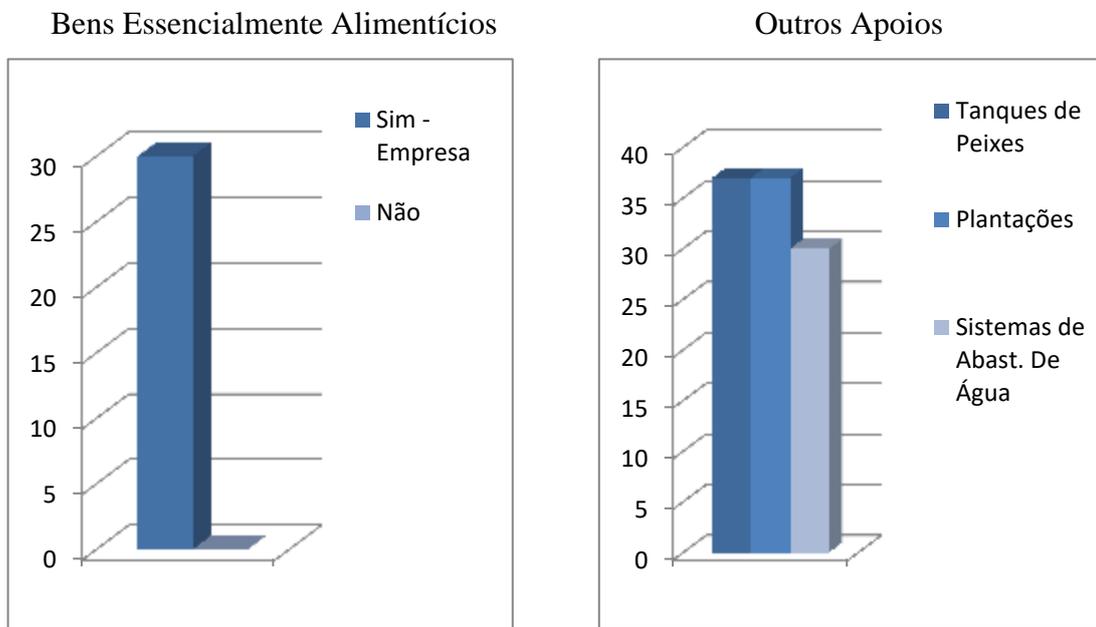


Figura 49: Declarações dos afectados pelo vazamento da rotura da conduta acerca da recepção de algum tipo de apoio essencialmente alimentício, bem como outros apoios (Autora, 2022)

Em resposta às perguntas descritas anteriormente, todos os entrevistados responderam que não houve nenhum tipo de orientação prévia sobre os riscos e impactos causados, em caso de rompimento de condutas de drenagem ou da própria bacia de retenção de rejeitados, nem sobre os procedimentos que deveriam realizar para evacuar a área na iminência do vazamento, bem como também, não houve nenhuma orientação para a população de como agir no momento da ocorrência do incidente. Foi adicionalmente sempre comentado pelos entrevistados, a inexistência de qualquer sistema de alerta para ajudar a evitar o incidente que atingiu a comunidade da Região de Samusseleca.

## CONCLUSÕES

Com base no vazamento ocorrido, conclui-se que é de extrema importância a monitorização constante das condutas de drenagem, com uma equipe de profissionais especializados, de modo a antecipar possíveis anomalias nas mesmas e evitando assim roturas. Também foi de extrema importância a construção dos métodos para a mitigação dos impactos causado pela rotura da conduta, uma vez que se os mesmos não fossem construídos, o impacto certamente seria de maior proporção e conseqüentemente os prejuízos ao meio ambiente e a população vizinha da mina.

Os prejuízos ambientais decorrentes do rompimento da conduta que funcionava como vertedouro foram: 1) Degradação do bioma; 2) Impacto visual negativo; 3) Depleção dos Recursos Naturais; 4) Redução da disponibilidade Hídrica; 5) Alteração da qualidade da água; 6) Degradação do ecossistema aquático; 7) Assoreamento e alteração da qualidade da água do Rio Lova, causando alteração massiva de habitat e supressão da vegetação; 8) Perda de espécies vegetais nativas; 9) Incomodidade da comunidade envolvente; 10) Turbidez e interrupção da fotossíntese, diminuindo a incidência de luz no rio; 11) Alteração da migração e reprodução das espécies; 12) Eutrofização dos reservatórios aquáticos.

Não foram registrados prejuízos associados às perdas humanas, mas existe a necessidade urgente de políticas públicas voltadas para a obrigatoriedade de implementação de sistema de prevenção de riscos, fiscalização permanente e rigorosa, adopção de estudos e técnicas estruturais eficientes, bem como o monitoramento de todas as acções que possam a vir desencadear eventos dessa natureza e magnitude.

## **RECOMENDAÇÕES**

Como continuidade deste trabalho, recomenda-se:

- Desenvolver mais estudos a respeito de metodologias para a implementação de um plano de avaliação e recuperação ambiental;
- Desenvolver estudos sobre métodos de armazenamento a seco de rejeitados em bacias de retenção;
- Estudar ou desenvolver sobre métodos de controlo geoambientais para bacia de retenção de rejeitados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA F.S. (2019) Levantamento dos impactos ambientais causados pela mineração em Brumadinho, MG. 8º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
2. CATOCA, S.M. (2021) Relatório sínteses de evolução dos eventos, recorrendo as imagens do Google earth e drones
3. CÓDIGO MINEIRO ANGOLANO. Lei nº 31/2011 de 23 de Setembro. Diário da República nº 184/11 I - Série A . Luanda.
4. COQUEIA, S.A. (2014) Metodologia para o Controlo Geoambiental da Bacia de Contenção de Rejeitados da Sociedade Mineira de Catoca em Angola: Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas e GeoAmbiente) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.
5. FONSECA HDGDA, ALEXANDRINO J.S., FERREIRA TED (2019) Metodologias de disposição de rejeitos de minério de ferro para substituir as barragens de rejeito. Profiscientia n. 12, p. 55.
6. GUZENKOVA, N.S.; ROMANOV, A.V.; PATICHENKO, A.P. (2018) "Estudos e elaboração dos requisitos à operação segura da bacia de contenção de rejeitados no rio Luite. Projecto de operação da bacia de contenção de rejeitados no rio Luite durante o período de exploração da chaminé Catoca até a profundidade de 600 m". Nota explicativa. Etapa n.º1. "Recolha de dados de partida, avaliação do estado actual dos objectos do sector de rejeitados. Análise dos resultados provisórios da pesquisa técnico-geológica" – Belgorod.
7. IBRAM (2016) Gestão e Manejo de Rejeitos de Mineração. Instituto Brasileiro de Mineração. 1ª ed. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00006222.pdf>.
8. LIGHTHALL, P.C., B.D. WATTS AND S. RICE. (1989). "Deposition Methods for Construction of Hydraulic Fill Tailings Dams." In: Geotechnical Aspects of Tailings Disposal and Acid Mine Drainage. The Vancouver Geotechnical Society, Vancouver, British Columbia, May 6-26.
9. MACHADO, W.G. (2007) Monitoramento de Barragens de Contenção de Rejeitos de Mineração – Dissertação apresentada a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para

obtenção do título de Mestre em Engenharia – Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.

10. NIEBLE, C. M. Deposição de rejeitos: curso de geotécnica aplicada à minas à céu aberto. Itabira, MG: Abib Engenharia S.A., 1986. 28p. il. Apotila.

11. SOARES L. (2010) Barragens de Rejeitos. Tratamento de Minérios 5ª ed, p. 831-896. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br:8080/bitstream/cetem/769/1/CCL00410010.pdf>.

12. VICK, S.G. (1981) Siting and desing of tailings impoundments. Mining Engineering, New York, v. 33, n. p. 653-657.

## **ANEXOS**

### **ANEXO I - Questionário Socioeconómico**

#### **1. IDENTIFICAÇÃO**

1.1 Qual é a sua idade: ( ) até 19 anos ( ) 20 a 29 anos ( ) 30 a 39 anos ( ) 40 a 49 anos ( ) 50 a 59 anos ( ) 60 anos, ou mais

1.2 Género: ( ) M ( ) F ( ) Outros

1.3 Estado Civil: ( ) Solteiro ( ) Casado ( ) Viúvo ( ) Outros

1.4 Qual é o seu nível de escolaridade: ( ) Sem escolaridade ( ) Ensino primário ( ) Ensino secundário ( ) Ensino Superior

1.5 Você é natural da comunidade: ( ) Sim ( ) Não

1.6 Você residia em Samusseleca: ( ) Sim ( ) Não

1.7 Qual o tempo de residência: ( ) De meses até um ano ( ) De um ano até cinco ( ) Mais de cinco anos

#### **2. TRABALHO E RENDA**

2.1 Sua renda dependia de: ( ) Auxílio do Governo ( ) Cultivo ( ) Pesca

2.2 Trabalhava em Samusseleca: ( ) Sim ( ) Não

2.3 Produtor rural: ( ) Sim ( ) Não

2.4 Tipo de Cultivo: ( ) Verduras ( ) Frutas

2.5 Criava animais: ( ) Galinhas ( ) Cabritos ( ) Porcos

2.6 Você participava de alguma cooperativa: ( ) Sim ( ) Não

#### **3. FAMÍLIA**

3.1 Quantas pessoas moravam na residência: .....

3.2 Qual era a renda mensal de sua família: ( ) Menos de 10 mil KZ ( ) Entre 10 a 30 mil KZ ( ) Entre 30 a 50 mil KZ ( ) Acima de 50 mil Kz

3.3 Seus antepassados viveram nessa região: ( ) Sim ( ) Não

#### **4. SOBRE O VAZAMENTO**

4.1 Como você soube do vazamento: ( ) Vivenciei ( ) Através de pessoas da comunidade ( ) Através da Empresa ( ) Outros meios de comunicação

4.2 Houve morte na família: ( ) sim ( ) quanto(s) ( ) Não

4.3 Houve feridos na família: ( ) Sim ( ) Quantos ( ) Não

4.4 Quais foram as perdas decorrentes do vazamento: ( ) Casas ( ) Veículos ( ) Animais ( ) Plantações

#### **5. APOIOS PRESTADOS**

5.1 Bens Alimentícios: ( ) sim ( ) não

5.2 Outros Apoios: Construção de Tanques de Peixes ( ) Plantações ( ) Sistemas de Abastecimento de Água

#### **6. RELAÇÃO COM A EMPRESA**

A Empresa havia comunicado à Comunidade da Região de Samusseleca sobre:

6.1 Risco de rompimento de condutas de drenagem ou da própria bacia de retenção de rejeitados: ( ) Sim ( ) Não ( ) Não sabe responder

6.2 Impactos que poderiam ser causados pelo rompimento de condutas de drenagem ou da própria bacia de retenção de rejeitados: ( ) Sim ( ) Não ( ) Não sabe responder

6.3 Procedimentos a serem tomados caso houvesse o rompimento de condutas de drenagem ou da própria bacia de retenção de rejeitados: ( ) Sim ( ) Não ( ) Não sabe responder

6.4 A comunidade recebeu treinamento de como sair da área, caso houvesse iminência de rompimento de condutas de drenagem ou da própria bacia de retenção de rejeitados: ( ) Sim ( ) Não ( ) Não sabe responder

**ANEXO II – Bacia de retenção de rejeitos da Sociedade Mineira de Catoca**



Fonte: Autora, 2022

**ANEXO III - Conduto que se rompeu a jusante**



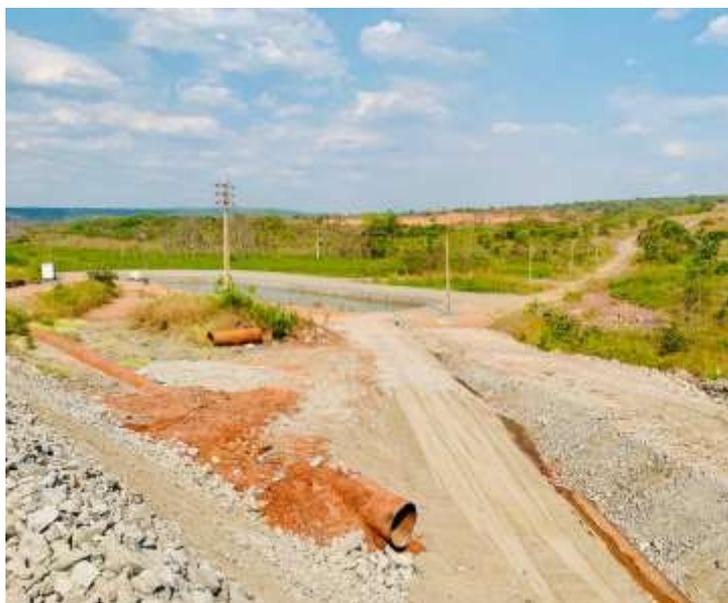
Fonte: Autora, 2022

**ANEXO IV: A jusante à bacia de retenção de rejeitados em 30 de Dezembro de 2021**



Fonte: Departamento de Gestão das Bacias de Rejeitados – Sector de Exploração das Bacias de Rejeitados, 2021

**ANEXO V: A jusante à bacia de retenção de rejeitados em 13 de Julho de 2022**



Fonte: Autora, 2022

## ANEXO VI: Apoios prestados à comunidade afectada



Fonte: Departamento de Sustentabilidade – Sector de Apoio às comunidades, 2021