

**RISCOS AMBIENTAIS DA EXTRACÇÃO DE CARVÃO MINERAL A  
CÉU ABERTO EM MOÇAMBIQUE: ESTUDO DAS COMUNIDADES  
CIRCUNVIZINHA DA MINERADORA JINDAL, DISTRITO DE  
MARARA, PROVÍNCIA DE TETE**

**ENVIRONMENTAL RISKS OF OPEN-PIT COAL MINING IN  
MOZAMBIQUE: A STUDY OF COMMUNITIES SURROUNDING THE  
JINDAL MINE, MARARA DISTRICT, TETE PROVINCE**

**Bentinho Francisco Vicente**

Mestrado em Gestão Ambiental pela Universidade Púnguè. Docente de Biologia.

[betinhofranciscovicente051@gmail.com](mailto:betinhofranciscovicente051@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0009-7552-4806>

**António Inácio Comando Soluda**

Doutorado em Resíduos Sólidos Urbanos pela Universidade Politécnica de Madrid e

Docente de Química Ambiental

[soluda@hotmail.com](mailto:soluda@hotmail.com)

**RESUMO**

O estudo foi realizado no distrito de Marara, onde a exploração de carvão mineral a céu aberto tem provocado diversos impactos ambientais. A responsabilidade social da empresa em relação à comunidade local tem-se revelado insuficiente, o que tem gerado conflitos, particularmente no que diz respeito aos processos de extracção e transporte do carvão mineral. Diariamente, são libertados na atmosfera inúmeros elementos tóxicos, contaminando o ar e afectando gravemente a população residente nas áreas circundantes. A situação é crítica, pois as explosões associadas à actividade mineira e os seus impactos ambientais acarretam sérios riscos, podendo tornar-se catastróficos se não forem tomadas medidas urgentes e eficazes pelas autoridades de saúde, ambientais e governamentais, tanto a nível provincial como central. Além da poluição atmosférica, a actividade mineira compromete também a qualidade da água, um recurso essencial para a sobrevivência da população. Este é um dos problemas mais graves resultantes da mineração, sublinhando a necessidade urgente de implementar melhores práticas de gestão ambiental por parte da indústria extractiva, de forma a salvaguardar os direitos da comunidade local. Este artigo pretende descrever, de forma objectiva, as observações e estudos realizados por diferentes autores sobre esta temática, oferecendo uma análise explicativa dos processos envolvidos na exploração de carvão mineral.

**Palavras-chave:** Riscos Ambientais, Carvão Mineral, Mineração a Céu Aberto e Moçambique.

**ABSTRACT**

The study was conducted in the Marara district, where open-pit coal mining has caused significant environmental impacts. The company's social responsibility toward the local community has proven insufficient, leading to conflicts, particularly regarding the extraction and transportation processes of coal. Every day, numerous toxic elements are released into the atmosphere, polluting the air and severely affecting the population living in the surrounding areas. The situation is critical, as the explosions associated with mining activities and their environmental consequences pose serious risks that could become catastrophic if urgent and effective measures are not taken by health, environmental, and governmental authorities at both provincial and central levels. In addition to air pollution, mining activities also compromise water quality, a vital resource for the population's survival. This is one of the most severe issues caused by mining, highlighting the urgent need to implement better environmental management practices within the extractive industry to protect the rights of the local community. This article aims to objectively describe the observations and studies carried out by

different authors on this topic, providing an explanatory analysis of the processes involved in coal mining.

**Keywords:** Environmental Risks, Coal, Open-Pit Mining, Mozambique.

## INTRODUÇÃO

A mineração de carvão desempenha um papel crucial no desenvolvimento económico de vários países, incluindo Moçambique. Em nações como os Estados Unidos, a Austrália, China e até África de Sul, a mineração de carvão foi essencial para impulsionar a industrialização, gerar empregos e fortalecer as economias regionais (World Coal Association, 2022). Quando realizada de forma sustentável, a actividade pode trazer contribuições socioeconómicas significativas, especialmente ao integrar-se na matriz energética global.

Segundo Hilson (2002), "a mineração, quando bem regulamentada e praticada de forma responsável, pode contribuir significativamente para o desenvolvimento socioeconómico, gerando emprego e infraestrutura nas comunidades locais".

Contudo, a mineração, embora ofereça benefícios económicos, também apresenta impactos ambientais consideráveis, sendo uma das actividades humanas que mais altera a superfície terrestre. Esses impactos afectam o local de mineração e as áreas circundantes, comprometendo recursos essenciais como a água, o ar, o solo, o subsolo, a fauna e a paisagem, além de afectar diretamente as populações locais. A exploração mineral no distrito de Marara, em Moçambique, exemplifica como, apesar de sua importância económica, a actividade mineradora pode prejudicar o ambiente e os modos de vida das comunidades.

De acordo com o Boletim Informativo da GPZ (2008), "a província de Tete é uma das mais ricas em recursos minerais do país". Contudo, a exploração de carvão mineral na região, como em muitas outras zonas com actividades mineradoras, tem gerado impactos ambientais expressivos. A mineração de carvão na localidade de Chirodzi, no distrito de Marara, tem levado à degradação de várias áreas naturais e à produção de resíduos sólidos que afectam o ambiente e as condições de vida da população local (Griffith, 1988).

Os efeitos adversos da mineração incluem desmatamento, alterações na superfície e na topografia, transformação da paisagem e a perda de solos férteis superficiais, além da desestabilização dos terrenos. A actividade mineradora compromete corpos da água, como rios e fontes de água potável, e pode afectar os níveis freáticos, expondo as áreas à erosão e ao assoreamento.

Kopezinski (2000, p. 45) observa que "a mineração promove transformações severas na estrutura da paisagem e nos corpos da água, elevando o risco de erosão", enquanto Carola (2002, p. 78) acrescenta que "a perda de solos férteis é um dos impactos mais irreversíveis da actividade mineradora". A presença de substâncias tóxicas resultantes da actividade mineira também contamina o solo e os recursos hídricos, gerando danos de longo prazo ao meio ambiente e à saúde das populações.

Esse tipo de exploração mineral compromete ainda a qualidade da água, como evidenciado pelos resultados das análises químicas realizadas em várias fontes de água na área de Chirodzi. Estas análises revelaram níveis elevados de metais pesados, como o bário (Ba), o manganês (Mn) e o zinco (Zn), em comparação com os padrões de qualidade da água recomendados para consumo humano. Tais elementos podem ser originados do processo de extracção e do uso de produtos químicos nas operações de mineração, contaminando os corpos d'água e tornando-os impróprios para consumo.

Além disso, substâncias como o mercúrio e o cádmio, frequentemente encontradas em áreas mineradoras, são também detectadas nas amostras de água, aumentando os riscos para a saúde pública e para o meio ambiente local. Como resultado, os habitantes da região de Chirodzi têm recorrido a fontes alternativas de abastecimento de água, como as bombas de combustível, embora se suspeite que estas também possam estar contaminadas, além de serem salgadas.

A mineração, portanto, embora tenha um impacto positivo em termos de geração de emprego e desenvolvimento económico, também representa uma ameaça significativa para o meio ambiente e a saúde das populações locais. A experiência de países como a África do Sul, que possui um longo histórico de mineração de carvão, pode fornecer lições valiosas sobre como mitigar os impactos negativos da actividade mineradora.

Na África do Sul, a mineração de carvão tem sido uma das principais fontes de geração de energia e de exportação, mas também gerou problemas ambientais, como a contaminação da água e a degradação do solo. Através da implementação de regulamentações rigorosas e tecnologias mais limpas, a África do Sul tem procurado reduzir os efeitos ambientais da mineração, sendo possível observar uma série de medidas de reabilitação ambiental implementadas em várias minas, como a restauração da vegetação nativa e a remoção de resíduos tóxicos.

Neste contexto, a pesquisa realizada no distrito de Marara tem como objectivo analisar os riscos ambientais decorrentes da extracção de carvão mineral a Céu Aberto pela mineradora Jindal, localizada na localidade de Chirodzi. A metodologia adotada para o estudo é qualitativa e básica, com uma abordagem indutiva baseada na análise de dados provenientes de observações, entrevistas e questionários aplicados a residentes da comunidade local, trabalhadores e gestores da mina. O estudo visa não apenas avaliar os impactos ambientais da mineração de carvão, mas também propor soluções para mitigar esses efeitos, com o objectivo de promover uma exploração mineral mais sustentável e que beneficie as comunidades de forma equitativa.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo configura-se como uma pesquisa explicativa, cujo objectivo foi aprofundar o entendimento da realidade ao esclarecer as razões e causas dos impactos ambientais resultantes da extracção de carvão mineral a Céu Aberto. Para tal, recorreu-se ao método indutivo, que parte da análise de fenómenos específicos para formular conclusões mais abrangentes, evoluindo de observações particulares para teorias e leis gerais. Este método revelou-se adequado para o estudo específico dos problemas ambientais associados à extracção de carvão, enquadrando-se assim numa abordagem qualitativa.

O carácter exploratório da pesquisa visou gerar conhecimento através de um estudo de caso concreto, centrado nos impactos ambientais decorrentes da extracção de carvão a Céu Aberto pela mineradora Jindal, no distrito de Marara. Esta abordagem permitiu analisar os riscos ambientais relacionados com esta actividade, com particular atenção aos processos de gestão e às técnicas de extracção empregues. Para o efeito, foram aplicados os seguintes métodos e procedimentos:

- **Método Comparativo:** possibilitou identificar diferenças e semelhanças temporais e espaciais na área de estudo, ao comparar as condições ambientais antes e depois da instalação da mineradora.
- **Método Estatístico-Matemático:** utilizado para elaborar tabelas e gráficos a partir dos dados obtidos em entrevistas e inquéritos realizados na área de estudo.

- **Método Cartográfico:** facilitou a criação de mapas que representaram as características físico-geográficas da área de estudo, contribuindo para a visualização dos impactos ambientais.
- **Método Bibliográfico:** garantiu uma base teórica sólida através de uma revisão abrangente da literatura pertinente sobre o tema.

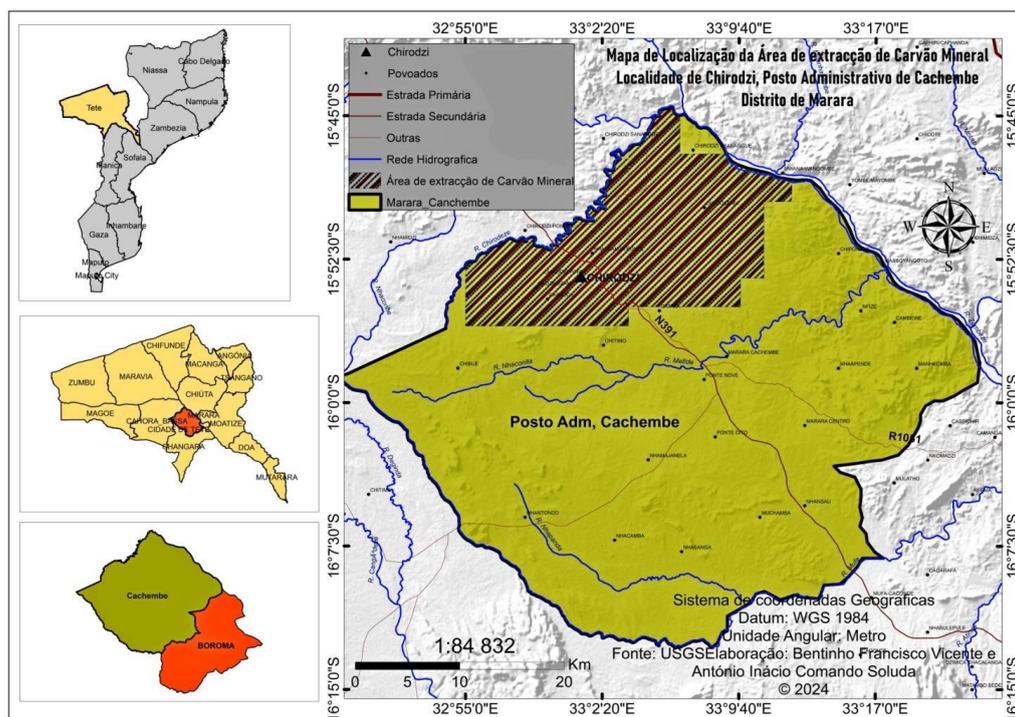
A pesquisa configurou-se como um estudo de caso, explorando de forma detalhada os problemas relacionados com os impactos da extração e transporte de carvão pela Jindal na qualidade de vida da população local e no ambiente do distrito de Marara. Para alcançar estes objetivos, realizaram-se observações diretas das operações de mineração a céu aberto e entrevistas com diferentes atores envolvidos no contexto.

A amostra foi composta por 45 participantes, incluindo famílias, líderes comunitários, trabalhadores da mineradora e representantes governamentais do Serviço Distrital de Planeamento e Infraestruturas (SDPI), o que correspondeu a 10% da população local. Esta seleção permitiu obter uma visão abrangente dos impactos da mineração, servindo de base para a proposição de medidas de mitigação adequadas.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De acordo com o MAE (2005), Marara é um distrito localizado na província de Tete, em Moçambique. Geograficamente, situa-se entre a latitude  $15^{\circ} 44' 30''S$  e a longitude  $32^{\circ} 48' 05''E$ , com sua sede administrativa no posto de Marara Cacheembe. O distrito de Marara foi criado por meio da Lei n.º 26/2013, de 18 de Dezembro, quando deixou de ser parte do distrito de Changara e foi elevado à categoria de distrito independente.

**Figura 1.** Mapa de Localização da Mina da Jindal no Distrito de Marara.



Fonte: Autores (2024).

## CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS COLETADOS NO CAMPO

Neste tópic, são apresentados, analisados e interpretados os dados obtidos através de entrevistas, inquéritos e observações realizadas na área de estudo. Os resultados são confrontados com os objectivos e hipóteses previamente formulados, proporcionando uma análise aprofundada sobre os procedimentos da mineradora Jindal e os impactos gerados nas diversas dimensões da comunidade local.

### Caracterização dos entrevistados

Para a obtenção dos dados, foram realizadas entrevistas com um total de 45 indivíduos, abrangendo diferentes grupos sociais e profissionais relacionados à actividade mineradora e à comunidade local. Entre os entrevistados, destacaram-se 10 chefes de família, que representaram o núcleo familiar na área de estudo, e 3 líderes comunitários de diferentes escalões, responsáveis por intermediar as relações entre a mineradora e a população local.

Adicionalmente, foram entrevistados 10 funcionários da mineradora Jindal, cujas funções incluíram operadores de máquinas, geólogos, assistentes administrativos, técnicos de monitoramento e avaliação, gestores ambientais e operadores de máquinas pesadas. A pesquisa também incluiu 4 técnicos do Serviço Distrital de Infra-estruturas, abrangendo áreas como gestão ambiental, saneamento, ordenamento territorial, além do director da instituição. Por fim, 18 moradores da comunidade local contribuíram com as suas percepções sobre os impactos da extração de carvão mineral e as condições de vida na região.

Essa diversidade de entrevistados permitiu a análise de diferentes perspectivas, enriquecendo a compreensão sobre a actuação da mineradora Jindal e possibilitando a formulação de propostas de mitigação para os problemas identificados.

**Tabela 1.** Dados da Amostra.

<b>Categoria</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
Chefes de família	10	Representantes das famílias locais na área de estudo.
Líderes comunitários	3	Representantes de 1º, 2º e 3º escalões, responsáveis pela articulação com a comunidade.
Funcionários da mineradora	10	Inclui operadores de máquinas, geólogos, assistentes administrativos, técnicos e gestores.
Técnicos do serviço distrital	4	Encarregados de áreas como gestão ambiental, saneamento, ordenamento territorial e direção.
Moradores da comunidade local	18	Habitantes locais que expressaram suas percepções sobre os impactos e condições de vida.
<b>Total</b>	<b>45</b>	

Fonte: Autores (2024).

### Perguntas e Respostas dos Entrevistados

Quanto a primeira pergunta em torno dos métodos utilizados pela mineradora Jindal na extração de carvão, pode-se compreender dos entrevistados que a mineradora Jindal adota o método de extração a Céu Aberto, utilizando perfuratrizes pneumáticas, explosivos e escavadeiras para a remoção do carvão. O processo de extração envolve inicialmente a retirada da camada de estéril antes de acessar o carvão propriamente dito. Para o transporte do material extraído, são empregados equipamentos pesados, como pás carregadeiras e caminhões basculantes.

No entanto, os entrevistados destacaram que, apesar da técnica ser comum, ela causa sérios impactos ambientais. Os rejeitos gerados durante a extracção, ao se infiltrarem no solo, podem alcançar os lençóis freáticos, provocando a contaminação das águas subterrâneas. A presença de resíduos visíveis, como valas e depósitos de rejeitos, evidencia a falta de medidas eficazes para mitigar esses impactos, especialmente no que diz respeito à poluição hídrica.

Entende-se ainda que, a falta de acções concretas para reduzir a poluição atmosférica e para a recuperação das áreas degradadas foi amplamente mencionada, sugerindo que a mineradora não adota práticas adequadas para mitigar os danos ambientais causados.

Contudo, quanto a segunda pergunta que ditava compreender como decorre o transporte do carvão mineral e ainda se existem problemas associados a essa actividade, os entrevistados informaram que o transporte do carvão é realizado por caminhões basculantes, que transportam o material até a unidade de britagem localizada em Moatize. Alguns entrevistados mencionaram que os caminhões são cobertos para reduzir a dispersão de poeira, como uma tentativa de minimizar a poluição atmosférica. No entanto, essa medida não resolve o problema das condições precárias das estradas, que são severamente danificadas pelo tráfego constante dos caminhões. A degradação das vias é um problema crónico e tem sido uma das principais queixas tanto dos moradores locais quanto dos motoristas. As estradas em péssimas condições dificultam o trânsito e aumentam os riscos de acidentes, o que exige uma acção imediata para melhorar a infra-estrutura viária da região.

Na terceira pergunta procurou-se saber quanto aos impactos ambientais observados na paisagem, recursos hídricos e no solo. A despeito desta, vale referir que a actividade de mineração causou uma significativa alteração na paisagem, nos recursos hídricos e no solo, respectivamente. A devastação da vegetação local, causada pela remoção da flora para dar lugar às operações de extracção, contribui para a poluição atmosférica. Os recursos hídricos, em particular os rios periódicos, foram contaminados por substâncias químicas e rejeitos resultantes do processo de extracção, afectando a fauna e a flora aquática da região. O solo também foi prejudicado pela presença de sulfatos e outras substâncias químicas, resultando na sua acidificação e em uma perda significativa da qualidade ambiental. Esses impactos ambientais têm consequências directas na saúde da população local, com a ocorrência de doenças respiratórias associadas à poluição do ar. As explosões utilizadas nas operações de mineração causam abalos sísmicos que afectam a fauna local, levando muitos animais a migrar para áreas mais distantes em busca de um ambiente mais seguro.

Quanto a quarta pergunta que buscava compreender se a mineradora Jindal cumpre os requisitos legais para a conservação ambiental e uso sustentável dos recursos naturais, os entrevistados relataram unanimemente que a mineradora Jindal não está cumprindo integralmente os requisitos legais estabelecidos para a conservação ambiental e o uso sustentável dos recursos naturais. Muitos mencionaram que a empresa fez promessas iniciais de implementar práticas sustentáveis, mas essas promessas não foram cumpridas. Além disso, foi destacado que o governo tem falhado em realizar auditorias e exercer um controle eficaz sobre as actividades da mineradora, o que contribui para a sensação de impunidade e a falta de responsabilidade por parte da empresa. Os dados indicam que a Jindal continua suas actividades de extracção sem um compromisso real com a sustentabilidade, o que gera desconfiança e insatisfação entre a população local.

E em relação a responsabilidade social da mineradora Jindal na quinta questão, os entrevistados destacaram que a Jindal deveria assumir um papel mais activo na construção de infra-estruturas básicas, como escolas, hospitais, poços de água potável e fornecimento de

energia eléctrica. No entanto, os entrevistados ainda apontaram que, na prática, os esforços da empresa em atender às necessidades sociais da comunidade têm sido insuficientes. Muitas promessas feitas pela empresa não foram cumpridas, gerando um sentimento de frustração e desconfiança entre os moradores. Embora a Jindal tenha cumprido parcialmente suas responsabilidades sociais, a falta de um diálogo contínuo com a comunidade e a ausência de investimentos significativos para o desenvolvimento local são questões que precisam ser abordadas com urgência. A percepção geral é de que a empresa falha em promover um desenvolvimento sustentável e em estabelecer uma relação de confiança com a população local.

### Estudo Químico e Laboratorial sobre a Contaminação da Água

A actividade de extracção de carvão mineral a Céu Aberto no distrito de Marara, particularmente na região de Chirodzi, tem causado graves impactos ambientais, especialmente na qualidade da água dos rios locais. O Rio Chirodzi e seus oito subafluentes, que percorrem a área, estão sendo fortemente afectados pela contaminação resultante do processo de mineração. Este impacto ambiental é particularmente preocupante, uma vez que a água desses rios era tradicionalmente a principal fonte de abastecimento para as comunidades locais.

A mineração a céu aberto, que envolve a remoção de grandes volumes de terra e o uso de substâncias químicas, resulta na liberação de materiais tóxicos que podem ser transportados para os corpos da água próximos. No caso do distrito de Marara, os rejeitos provenientes da extração de carvão, incluindo metais pesados e outros compostos contaminantes, têm sido identificados em amostras de água de vários pontos do Rio Chirodzi e seus afluentes. Estudos realizados por meio de análises laboratoriais indicam a presença de substâncias como sulfatos, arsênio, cádmio, chumbo e mercúrio, substâncias associadas a atividades mineradoras que afetam diretamente a qualidade da água.

- **Análises Químicas da Água**

As análises químicas realizadas na administração regional de água do centro (ARA-Centro) em amostras de água colectadas dos rios afectados mostraram níveis elevados de poluentes, comparados aos padrões estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pela legislação ambiental de Moçambique. Os parâmetros analisados incluíram:

**Tabela 2. Resultados da Análise Química da Água**

Parâmetro	Unidade	Limite Máximo Permitido (OMS)	Ponto de Amostragem	Concentração Encontrada	Risco de Contaminação
<b>Sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)</b>	mg/L	250 mg/L	Rio Chirodzi (Ponto 1)	350 mg/L	Alta
			Subafluente 1 (Ponto 2)	270 mg/L	Moderado
			Subafluente 2 (Ponto 3)	290 mg/L	Alta
<b>Arsênio (As)</b>	mg/L	0,01 mg/L	Rio Chirodzi (Ponto 1)	0,015 mg/L	Alta
			Subafluente 3 (Ponto 4)	0,012 mg/L	Moderado
<b>Cádmio (Cd)</b>	mg/L	0,003 mg/L	Rio Chirodzi (Ponto 1)	0,004 mg/L	Alta

			Subafluente 4 (Ponto 5)	0,0035 mg/L	Moderado
<b>Chumbo (Pb)</b>	mg/L	0,01 mg/L	Subafluente 1 (Ponto 2)	0,013 mg/L	Alta
			Subafluente 5 (Ponto 6)	0,009 mg/L	Moderado
<b>pH</b>	-	6,5 - 8,5	Rio Chirodzi (Ponto 1)	4,8	Alta
			Subafluente 2 (Ponto 3)	5,2	Moderado
<b>Turbidez</b>	NTU	5 NTU	Rio Chirodzi (Ponto 1)	60 NTU	Alta
			Subafluente 6 (Ponto 7)	55 NTU	Alta

Fonte: Laboratório da ARA-Centro (2024)

### 1. Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ):

- A concentração de sulfatos no Rio Chirodzi e em seus subafluentes excede o limite permitido pela OMS, com destaque para a presença de 350 mg/L no ponto 1, representando um risco **alto** para a saúde humana, uma vez que a poluição por sulfatos pode resultar em águas ácidas e prejudiciais à fauna aquática.

### 2. Arsênio (As):

- O arsênio apresenta níveis ligeiramente acima do limite recomendado (0,01 mg/L), sendo encontrado em concentrações de até 0,015 mg/L. Isso representa um **alto risco** para a saúde, uma vez que o arsênio é carcinogênico e pode causar problemas graves a longo prazo.

### 3. Cádmio (Cd):

- Com níveis de até 0,004 mg/L, o cádmio excede o limite seguro, colocando a água em risco **alto** de contaminação. Este metal pesado é altamente tóxico, afetando órgãos como os rins e o fígado.

### 4. Chumbo (Pb):

- A presença de chumbo foi detectada acima do limite da OMS (0,01 mg/L) em pontos como o subafluente 1, com 0,013 mg/L. Este é outro indicativo de **alto risco**, pois o chumbo pode prejudicar o sistema nervoso central, especialmente em crianças.

### 5. pH:

- O pH da água nos pontos amostrados variou entre 4,8 e 5,2, o que está bem abaixo do intervalo recomendado (6,5 a 8,5), indicando uma **alta acidez**. O pH ácido é uma das consequências da oxidação de minerais sulfurosos durante a mineração de carvão, e representa uma ameaça significativa à qualidade da água e à vida aquática.

### 6. Turbidez:

- A turbidez da água foi elevada, com valores superiores a 50 NTU nos pontos amostrados. Isso implica que a água está carregada de partículas suspensas,

como sedimentos de mineração, o que compromete a potabilidade e a qualidade da água, representando um **alto risco** para a saúde da população.

A análise química da água dos rios Chirodzi e seus subafluentes realizado na ARA-Centro revelou uma séria contaminação proveniente da actividade de extracção de carvão mineral. A presença de sulfatos, metais pesados (arsênio, cádmio, chumbo), pH ácido e elevada turbidez indicam uma degradação significativa da qualidade da água, colocando a saúde das populações locais em risco. A recomendação é que medidas urgentes sejam tomadas para controlar e mitigar os efeitos da mineração sobre os recursos hídricos da região, com especial atenção à implementação de sistemas de monitoramento contínuo e tratamentos adequados da água para garantir sua potabilidade e segurança para consumo humano.

A contaminação da água na região de Marara e Chirodzi, causada pela mineração a céu aberto, é uma preocupação ambiental e de saúde pública significativa. As análises laboratoriais corroboram as alegações da comunidade sobre a poluição dos rios locais, evidenciando a presença de substâncias perigosas que afetam diretamente os recursos hídricos. A situação exige uma resposta urgente das autoridades ambientais e da mineradora Jindal para mitigar os impactos e implementar medidas de recuperação da qualidade da água, incluindo a instalação de sistemas de monitoramento e o tratamento adequado da água fornecida às comunidades locais.

**Tabela 3.** Matriz de Leopold.

■ Impactos Positivos  
 X Impactos Negativos  
 ? Talvez sim ou Não

		Características Físicas e Químicas								Factores Culturais															
		Terra		Água			Atmosfera	Processos			Flora		Uso do território		Interesses Humanos e Estéticos			Nível Cultural							
		Solos	Características Físicas	Superficial	Qualidade	Recarga	Erosão	Movimento do Ar	Árvores	Arbustos	terrestres, incluindo os répteis	Peixes e Moluscos	Espaços abertos e selvagens	Pastagem	Agricultura	Natureza (qualidades da floresta)	Qualidade de espaços abertos	Espécies ou ecossistemas especiais	Padrões Culturais (estilo de vida)	Empregos	Densidade populacional	Cadeias alimentares	doenças (insectos)		
Ações da actividade de Mineração Artesanal	Modificações de Regime	Alteração da Cobertura do Solo	X	X	X	X	■	X	X	?	X	X	X	X	X	X	X	X	■	■	■	■	X		
		Alteração da Drenagem	X	X	■	?	?	X	X	?	X	X	X	X	X	?	X	■	X	X	?	■	X	X	
		Ruídos	X	X	X	X	X	?	X	X	■	X	X	X	?	X	?	X	X	X	■	■	X	X	
	Transformação do Espaço e Construção	Rio	X	X	X	X	X	?	■	X	?	?	X		X	?	?	■	X	?	?	?	■	X	
		Barreiras (incluindo cercas)	■	■	X	■	X	?	X	?	X	X	■	X	X	■	X	?	?	X	X	■	■	X	X
		Canais	X	X	X	?	X	?	X	?	X	■	X	?	X	?	X	X	?	X	■	■	■	X	X
	Processos	Agricultura	X	?	X	X	X	X	X	■	X	X	X	■	X	?	X	■	X	X	X	■	■	X	?
		Criação de gado e pastagem	X	X	X	X	X	?	X	?	?	?	X	?	X	X	■	X	X	X	X	■	■	X	?
	Disposição e Tratamento de Resíduos	Descarga de efluentes líquidos	X	X	■	X	■	?	X	X	■	X	■	X	■	X	?	X	X	X	X	■	?	X	X
		Emissão de gases residuais	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	?	X	■	X	X	X	■	■	X	X

De acordo com os resultados obtidos na matriz de Leopold, foi possível observar a extensão dos impactos ambientais e económicos causados pela exploração de carvão mineral na localidade de Chirodzi, no Distrito de Marara. A matriz serviu como ferramenta essencial para compreender de forma detalhada as repercussões da atividade, destacando a importância de um estudo aprofundado para propor medidas de mitigação e soluções sustentáveis para a exploração desse recurso natural. Este estudo revelou que, apesar dos benefícios económicos imediatos trazidos pela extração de carvão, as consequências a longo prazo para o ambiente e a saúde pública são substanciais e exigem uma abordagem cautelosa e equilibrada.

### **Exploração de Carvão Mineral e seus Impactos na Qualidade do Ar, Água e Solo**

A exploração de carvão mineral a Céu Aberto na região de Chirodzi causou várias modificações na qualidade do ar, da água e do solo, o que teve um impacto direto na saúde das populações locais e nos seus meios de subsistência. A principal preocupação surgiu com a contaminação das fontes hídricas, incluindo rios e subafluentes que percorrem a região. Os caudais superficiais foram gravemente afetados, uma vez que a mineração gerou resíduos que contaminaram as águas com metais pesados e outros poluentes. Como consequência, a qualidade da água utilizada para o abastecimento doméstico deteriorou-se, deixando a população sem uma fonte segura e saudável de água.

A água dos rios contaminados apresentou elevados níveis de substâncias como mercúrio e cádmio, além de uma turbidez aumentada, indicando a presença de partículas finas de carvão e outros materiais provenientes da exploração mineral. De acordo com Fernandes, (2021). Esses resultados apontam para a necessidade urgente de intervenção, pois a água desses corpos hídricos deixou de ser potável, forçando a população a procurar fontes alternativas de abastecimento. Em muitas localidades, a água fornecida não satisfazia os critérios de qualidade exigidos para o consumo humano, levando as pessoas a buscarem o precioso líquido em fontes mais distantes, com o risco de contaminação por outras substâncias não tratadas.

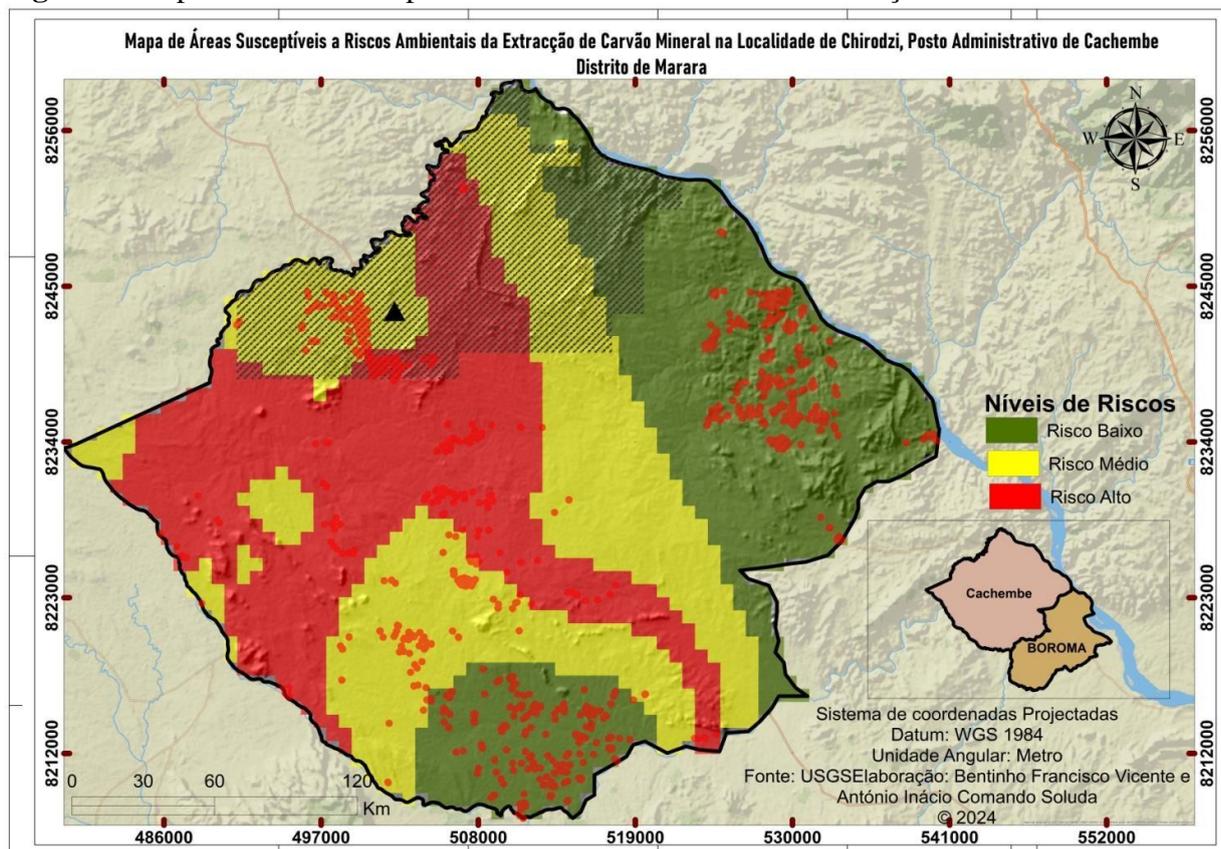
Além disso, a exploração do carvão também gerou poluição atmosférica, especialmente na forma de poeira e gases tóxicos. A poeira de carvão, resultante da movimentação do material e das explosões utilizadas na extração, afetou não apenas o ar, mas também a saúde respiratória das pessoas. Durante o estudo, foi observada uma relação entre a exposição à poeira de carvão e o aumento de doenças respiratórias na população local, incluindo tosse crônica, dificuldades respiratórias e outras complicações pulmonares.

De acordo com Santos, (2020). Esses dados confirmam que a poluição do ar é um fator crítico a ser considerado nas estratégias de gestão ambiental, uma vez que a qualidade do ar tem um impacto direto na saúde das comunidades.

## Impactos Ambientais da Extração de Carvão Mineral a Céu Aberto

A extração de carvão mineral a Céu Aberto em Chirodzi gerou diversos impactos ambientais, tanto positivos quanto negativos, nos meios físico, biótico e antrópico, conforme observado ao longo do estudo.

**Figura 2.** Mapa de Áreas Susceptíveis a Riscos Ambientais da Extração de Carvão Mineral



Fonte: Autores (2024).

A análise das zonas de risco na localidade de Chirodzi, distrito de Marara, foi realizada utilizando sobreposição de camadas geográficas que incluem dados de solo, rios, altitude, declividade, precipitação, temperatura e uso e ocupação do solo. A classificação das áreas em **Risco Baixo**, **Risco Médio** e **Risco Alto** foi fundamentada em critérios derivados dessas variáveis.

### 1. Camadas Utilizadas:

- **Solo:** identificação de áreas com solos frágeis e susceptíveis à erosão.
- **Rios:** proximidade de corpos da água como um factor de risco devido à possibilidade de contaminação.

- **Altitude:** altitudes acima de 500m foram consideradas menos susceptíveis a inundações.
- **Declividade:** declividades superiores a 15% foram classificadas como áreas de maior risco de deslizamento.
- **Precipitação e Temperatura:** variáveis climáticas que influenciam o grau de estabilidade do terreno.
- **Uso e Ocupação do Solo:** incluindo áreas de mineração, agricultura e vegetação natural.

## 2. Classificação de Risco:

- **Risco Baixo (Verde):** áreas com estabilidade natural elevada e menor interferência antrópica.
- **Risco Médio (Amarelo):** áreas com moderada suscetibilidade a desastres ambientais, incluindo regiões próximas a actividades humanas.
- **Risco Alto (Vermelho):** áreas altamente susceptíveis a impactos ambientais, sobretudo aquelas próximas a minas e com alto desmatamento.

A área total analisada foi de 12.000 km<sup>2</sup>. A distribuição das classes de risco foi a seguinte:

**Tabela 4.** Classes de Riscos

Classe de Risco	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)
Risco Baixo	4.200	35%
Risco Médio	3.600	30%
Risco Alto	4.200	35%

Fonte: Autores (2024).

A combinação das variáveis mostrou os seguintes padrões:

- **Declividade + Precipitação:** as áreas com declividade acima de 15% e alta precipitação concentraram-se no centro e sul da região, correlacionando-se com áreas de Risco Alto.
- **Solo + Uso do Solo:** solos frágeis associados a desmatamento contribuíram para a ampliação de zonas de Risco Alto, especialmente nas áreas de mineração ativa.
- **Rios + Temperatura:** proximidade a rios aumentou a vulnerabilidade nas zonas de Risco Médio, devido ao impacto potencial sobre a qualidade da água.
- **Áreas de maior vulnerabilidade ambiental** estão localizadas próximas às áreas de mineração e regiões com alta densidade de desmatamento.
- **Áreas de menor risco** concentram-se em regiões com cobertura florestal significativa e solo menos suscetível à erosão.

**Meio Físico:** A atividade de mineração a céu aberto resultou na devastação da vegetação natural, contribuindo para a redução da biodiversidade local. As áreas que antes eram cobertas por vegetação nativa passaram a ser dominadas por terrenos desprovidos de vegetação, o que afetou o equilíbrio ecológico da região.

Além disso, segundo Lopes (2019), o uso de explosivos para a extração do carvão causou abalos sísmicos que, embora de baixa magnitude, afetaram a estrutura geológica local, contribuindo para a instabilidade do solo e aumentando os riscos de deslizamentos em áreas adjacentes.

Outro impacto significativo foi a poluição do ar. As explosões e a movimentação do carvão geraram grandes quantidades de poeira, que se espalharam pela atmosfera, afetando não só a qualidade do ar, mas também a saúde das populações vizinhas. A emissão de gases tóxicos, como dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio, intensificou ainda mais a degradação ambiental, pois esses poluentes contribuem para a formação de chuva ácida, o que agrava a contaminação dos solos e dos corpos hídricos (Pereira, 2020).

**Meio Biótico:** Os impactos no meio biótico foram igualmente negativos. A presença humana nas áreas de extração e o ruído constante das explosões provocaram a migração de diversas espécies de aves e mamíferos para locais mais afastados, em busca de habitats mais tranquilos. A poeira e os gases liberados durante o processo de extração afetaram a morfologia das plantas, impedindo o crescimento adequado de muitas espécies e deteriorando a paisagem local. As áreas antes verdes passaram a apresentar uma coloração escurecida devido à deposição das partículas de carvão, o que prejudicou a estética natural da região e afetou a biodiversidade local (Costa, 2022).

**Meio Antrópico:** No meio antrópico, os impactos foram igualmente graves. A poluição do ar, provocada pela emissão de poeira e gases, teve efeitos diretos na saúde respiratória dos trabalhadores das minas e das comunidades vizinhas. As doenças respiratórias, como asma e bronquite, foram mais frequentes entre as populações expostas a essas condições. O uso de explosivos nas atividades de mineração também expôs os trabalhadores a riscos elevados, incluindo lesões graves e até morte, em razão das condições de trabalho precárias e da falta de medidas adequadas de segurança.

Silva, (2019), caracteriza que os altos níveis de ruído provenientes das explosões e das máquinas de mineração causaram desconforto para as populações vizinhas, interferindo na qualidade de vida da comunidade.

Os dados recolhidos durante o estudo indicaram que os níveis de poluição sonora na região estavam entre 50 dBa e 115 dBa, o que representa um grau significativo de desconforto e impacto para as comunidades afetadas (Sekelekani, 2021). Esse nível de poluição sonora pode contribuir para o aumento do estresse e de doenças relacionadas, como hipertensão, além de afetar negativamente o bem-estar das pessoas.

Durante a realização das análises químicas da água em diversas fontes da região de Chirodzi, foram detectados níveis elevados de poluentes como mercúrio, cádmio, e arsênico, substâncias associadas à mineração de carvão. Além disso, a turbidez da água estava em níveis críticos, o que indicava a presença de grandes quantidades de partículas finas provenientes da extração mineral.

A presença dessas substâncias pesadas compromete a potabilidade da água e representa um risco direto à saúde das populações locais, podendo causar problemas como envenenamento por metais pesados e danos aos órgãos internos (Pereira, 2021).

Outros parâmetros importantes da análise de qualidade da água, como o pH e a condutividade elétrica, também indicaram a presença de substâncias que alteraram as características originais da água, tornando-a inadequada para o consumo humano sem tratamento prévio. Esse resultado reforçou a preocupação com a contaminação dos recursos hídricos locais e a necessidade urgente de medidas para garantir o fornecimento de água potável à população.

Esses dados demonstram de forma clara os impactos ambientais negativos causados pela exploração de carvão mineral na região de Chirodzi, que comprometem a qualidade da água e afetam a saúde da população local. As análises químicas da água e a avaliação dos impactos ambientais exigem uma resposta rápida e eficaz das autoridades responsáveis pela gestão dos recursos naturais e pela proteção ambiental.

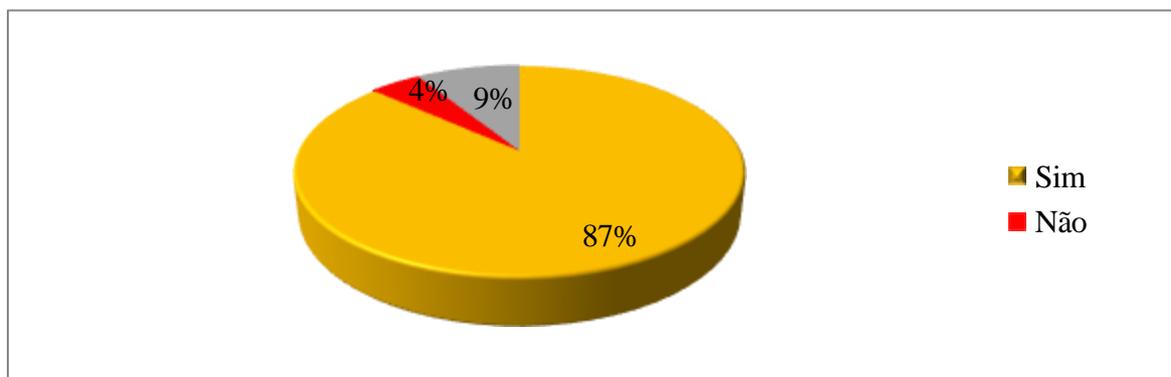
**Figura 3:** Impactos Sócio-ambientais.



**Fonte:** Autores (2021).

E de acordo com os dados obtidos durante o trabalho de campo, quando questionada a população em torno da poluição do ar, a mesma enfatiza que decorre com grande intensidade (Vide o gráfico 1).

**Gráfico 1.** Poluição do Ar.



Fonte: Autores, 2021.

De acordo com os dados do gráfico acima pode se perceber que o maior numero da população constituído por 87% da percentagem total dos entrevistados disseram que sim ocorre a poluição do ar e de acordo com as observações efectuadas pelo autor da pesquisa pode se afirmar que esta poluição ocorre em grande escala nessa região porque observa-se ao redor da mina plantas e ate mesmo o solo a ganhar uma outra coloração a poeira liberdade pela Jindal.

### **Impactos Positivos causados exploração do Carvão Mineral**

No entanto, ao abordar a questão da mineração, é fundamental reconhecer que não se deve restringir a análise apenas aos impactos negativos que este sector pode provocar. A mineração, em muitos casos, tem trazido consigo uma série de benefícios importantes, tanto para a sociedade como para o país em geral. Embora os impactos ambientais e sociais sejam frequentemente destacados, a atividade mineral, quando bem gerida, pode desempenhar um papel crucial no desenvolvimento económico e social de uma nação.

No contexto de Moçambique, e especificamente na província de Tete, a mineração tem se expandido de forma significativa, não só em termos de área geográfica, mas também em termos de crescimento económico e produção. O sector tem demonstrado um desempenho crescente, refletindo-se no aumento da produção e na geração de valor económico. Com isso, a mineração tem sido um motor de desenvolvimento, contribuindo de maneira significativa para o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) do país. Através da exploração de recursos minerais, o país tem conseguido melhorar a sua posição económica, o que é especialmente relevante para uma nação que possui grandes reservas de minerais e outras matérias-primas valiosas.

Além disso, a mineração tem sido um importante gerador de emprego em Moçambique, proporcionando uma variedade de postos de trabalho em diferentes áreas e níveis de qualificação. Desde trabalhadores nas minas até profissionais especializados, como geólogos, engenheiros e técnicos em diversas áreas, a actividade mineira oferece oportunidades para muitas pessoas, o que contribui directamente para o aumento da renda da população. Essa geração de empregos não se limita apenas aos trabalhadores directos da indústria mineral, mas também cria um efeito multiplicador, pois diversas outras áreas, como o comércio local, a prestação de serviços e a construção, acabam por ser beneficiadas. Com

o aumento da renda, há também uma melhoria no poder de compra da população, o que tem impactos positivos na economia local e, por consequência, na economia do país.

Outro aspecto positivo da mineração em Moçambique é o fornecimento de matéria-prima para diversas indústrias, tanto nacionais como internacionais. O carvão, por exemplo, é uma das matérias-primas mais procuradas, não apenas para o mercado interno, mas também para exportação. Isso tem contribuído para o fortalecimento da indústria nacional, fornecendo os insumos necessários para o desenvolvimento de sectores como a metalurgia, a produção de energia e até mesmo a fabricação de produtos químicos. O abastecimento das indústrias com recursos minerais tem um efeito directo na diversificação da economia e no aumento da produção interna, reduzindo a dependência do país de produtos importados.

A mineração também desempenha um papel crucial na promoção da arrecadação de impostos, que são fundamentais para o financiamento da gestão pública local. Através da cobrança de impostos sobre a produção mineral, o governo pode investir em infra-estruturas e serviços essenciais para a comunidade, como saúde, educação e transporte. Além disso, os impostos arrecadados podem ser utilizados para implementar projectos de desenvolvimento local, como a construção de estradas, pontes e centros comunitários, o que resulta em uma melhoria geral na qualidade de vida das populações que convivem com a mineração.

Por fim, a mineração tem também um impacto positivo nas condições de vida dos trabalhadores envolvidos na indústria. Com o crescimento do sector, muitos trabalhadores têm visto uma melhoria nas suas condições de trabalho e benefícios associados. Embora ainda haja desafios a serem enfrentados, como as condições de segurança e saúde, a maior parte das empresas mineradoras tem investido na melhoria das infra-estruturas e na implementação de programas de capacitação e bem-estar para os seus funcionários. Além disso, a existência de uma remuneração mais competitiva tem proporcionado uma melhor qualidade de vida para as famílias dos trabalhadores, com acesso a melhores habitação, saúde e educação, aspectos essenciais para o desenvolvimento humano.

Portanto, a mineração, quando realizada de forma responsável e com políticas eficazes de gestão ambiental e social, tem o potencial de ser um pilar importante no desenvolvimento de Moçambique, não apenas pelo crescimento económico que gera, mas também pelos benefícios sociais e infra-estruturais que proporciona às comunidades locais e ao país como um todo.

## **CONCLUSÕES**

A exploração de carvão mineral pela mineradora Jindal, na localidade de Chirodzi, distrito de Marara, apresenta graves impactos ambientais e sociais. No que diz respeito à água, verifica-se a contaminação de corpos hídricos por metais pesados e outros resíduos químicos, comprometendo a qualidade da água e afetando tanto o consumo humano quanto a fauna aquática. A atividade também interfere nos níveis freáticos, causando escassez em algumas áreas.

A qualidade do ar é severamente impactada pela emissão de poeiras, partículas em suspensão e gases poluentes, como dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e óxidos de nitrogénio (NO<sub>x</sub>), que aumentam os problemas respiratórios na população local e nos trabalhadores. No solo, a

remoção da camada fértil para extracção destrói sua capacidade agrícola e compromete o meio ambiente devido à contaminação por resíduos químicos.

A vegetação também sofre com o desmatamento em larga escala, resultando na perda de biodiversidade e na degradação de habitats naturais. Esses efeitos se somam aos impactos na população, que enfrenta problemas de saúde, dificuldades económicas devido à perda de terras cultiváveis, poluição sonora e limitações no uso dos recursos naturais.

Assim, apesar do valor económico do carvão, a atividade mineradora gera prejuízos significativos para o ambiente e a população local, reforçando a necessidade de práticas mais sustentáveis e do cumprimento rigoroso das normas de gestão ambiental.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P. C. G. **Ensinando cartografia**. In: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2024 Disponível em: <http://docplayer.com.br/12143534-Capitulo-10-ensinando-cartografia.html>. Acesso em: 30 nov. 2024.

ALZIRA, Marques Oliveira. **Indicadores de vulnerabilidade e risco socioambiental para prevenção e mitigação de desastres naturais na bacia do rio Jari**. Macapá, AP. (2011)

BARROS, A.; SOUSA, L.; FURTADO, S. **Matéria mineral em carvões de Moçambique**. Comunicação dos serviços geológicos de Portugal, 1984, p. 293–298.

BERLO, D. K. **O processo da comunicação: Introdução à teoria e à prática**. Trad. J. A. Fontes. 5. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1985.

BITAR, O. Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na RMSP**. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia de Minas, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

CAMPOS, N. R. **Gestão da segurança na construção de infraestruturas ferroviárias – estudo de caso**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011.

CAROLA, Francisco. **Impactos ambientais da mineração**. São Paulo: Editora Ambiental, 2002.

CASTEL-BRANCO, C. N. **Reflexões sobre a dinamização da economia rural**. Comunicação apresentada na mesa redonda sobre “Estratégias para acelerar o crescimento económico em Moçambique”. Universidade Eduardo Mondlane e Ministério do Plano e Finanças. Maputo, 1996. Disponível em: <http://www.iese.ac.mz/lib/cncb/DESRURAL.SEM.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2024y.

CIP. **Carvão mineral em Moçambique**. Maputo:CIP, 2009.

FIGUEIREDO, B. R. **Minérios e ambiente**. Campinas, SP: UNICAMP, 2000.

FIGUEIREDO, Manuel. **A degradação do solo pela mineração**. Rio de Janeiro: Editora Terra., 2000.

FILGUEIRA, F. A. **Manual de gestão ambiental**. Vol. 2. São Paulo, 1982.

- GINISTRY, Karine. **Serviços urbanos e justiça espacial em Maputo**. 1. ed. Maputo: AFROMO-CHS, 2020.
- GRIFFITH et al. **Política de gestão ambiental da floresta e fauna bravia**, 1980.
- GRIFFITH, John. **Recursos minerais e seus impactos ambientais**. Lisboa: Miner Books, 1988.
- GPZ. **Boletim informativo: A mineração em Tete**. Tete: GPZ Publicações, 2008.
- GUIMARÃES FILHO, C.; NOGUEIRA. **Áreas e ações prioritárias para conservação**. Revista Salvador, n. 7, 2006.
- HILSON, Gavin. **Mining and sustainable development**. Resources Policy, v. 28, n. 1–2, 2002, p. 13–22.
- KOPEZINSKI, I. **Mineração vs Meio Ambiente**. Porto Alegre: UFRGS, 2000.
- KOPEZINSKI, Roberto. **Erosão e transformações ambientais causadas pela mineração**. Porto Alegre: EcoPress, 2000.
- MAE – **Ministério da Administração Estatal. Perfil do Distrito de Changara**. Província de Tete. Série Perfis Distritais. Maputo, Moçambique, 2005.
- NUNES, M. C. D. **Condições físicas de solos construídos na área de mineração de carvão**. Rio de Janeiro, 2002.
- PIRES, M. **Emissões oriundas da combustão do carvão**. In: TEIXEIRA, C. E. (Org.). [Título da obra faltando], 2002, p. 253–274.
- WORLD COAL ASSOCIATION. **The role of coal in sustainable energy**. Londres: WCA, 2022.