

## Noivado António Beula

Universidade Católica de  
Moçambique

iltonsimaodenascimento  
@gmail.com

## Ilton De Nascimento Simão

Universidade Católica de  
Moçambique

Valentimmanuel12@gmail.com

## Naftal Justicio Zefanias

Universidade Católica de  
Moçambique

nzefanias@ucm.ac.mz

# Gestão do processo de descarte de rejeito de Carvão Mineral: uma análise de medidas de redução dos impactos ambientais numa das empresas mineradoras na Província de Tete

## Management of the coal waste disposal process: an analysis of measures to reduce environmental impacts in one of the mining companies in Tete Province

### RESUMO

O processo de descarte de rejeito de carvão mineral é uma questão crítica para a mineração, especialmente na Província de Tete, uma das maiores regiões produtoras de carvão do país. A pesquisa objectiva analisar as medidas de redução dos impactos ambientais causados pelo descarte de rejeito de carvão mineral na empresa em estudo. Para a sua materialização, optou-se por uma abordagem qualitativa. Quanto aos objectivos trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva, quanto aos procedimentos técnicos consistiu numa pesquisa de campo e numa pesquisa de revisão bibliográfica. Os resultados indicam que no processamento do carvão nos módulos I e II há ocorrência de práticas nocivas o meio ambiente e fragilidade de algumas medidas de mitigação, como o descarte inadequado do rejeito do carvão mineral, nas operações unitárias do processamento do carvão como, a poluição do ar, contaminação dos solos e da água subterrânea durante o processamento no circuito dos grossos, no circuito dos finos, no espessamento e nas pilhas de rejeito, destruição da paisagem, destruição da flora e a poluição sonora. Com vista a reduzir os impactos ambientais gerados no processamento do carvão mineral e descarte do rejeito, propõe-se que se faça a aspersão de água durante a descarga do material no silo do britador, faça se a instalação de dispositivos de purificação de ar ao longo dos pontos críticos, faça se a eliminação das fugas nas tubulações e nos equipamentos com vista a reduzir a quantidade de água perdida e depositada no solo; se adapte um processo de recuperação do carvão inserido no rejeito; com vista a criar áreas para a deposição de rejeitos e construção das infra estruturas, que se faça a reconstrução ambiental da mesma área e replantio com vista devolver a vegetação a área devastada.

**Palavras-chave:** Gestão de rejeitos, carvão mineral, impactos ambientais, mineração.

### Abstract

The process of disposing of coal waste is a critical issue for mining, especially in Tete Province, one of the country's largest coal-producing regions. The research aims to analyze the measures to reduce the environmental impacts caused by the disposal of coal waste in the company under study. In order to materialize it, a qualitative approach was chosen. In terms of objectives, this is an exploratory and descriptive study, and in terms of technical procedures, it consisted of field research and a literature review. The results indicate that in the processing of coal in modules I and II there are practices that are harmful to the environment and the weakness of some mitigation measures, such as the inadequate disposal of mineral coal tailings in the unit operations of coal processing, such as air pollution, contamination of the soil and groundwater during processing in the coarse circuit, the fine circuit, thickening and tailings piles, destruction of the landscape, destruction of the flora and noise pollution. In order to reduce the environmental impacts generated in the processing of mineral coal and the disposal of tailings, it is proposed that water be sprayed during the discharge of material into the crusher silo, that air purification devices be installed along critical points, that leaks in pipes and equipment be eliminated in order to reduce the amount of water lost and deposited on the ground; adapt a process for recovering the coal contained in the tailings; with a view to creating areas for depositing tailings and building infrastructure, carry out environmental reconstruction of the same area and replanting with a view to restoring vegetation to the devastated area.

**Keywords:** Tailings management, coal, environmental impacts, mining.



Rua: Comandante Gaivão n° 688

C.P.: 821

Website: <http://www.ucm.ac.mz/cms/>

Revista: <http://www.reid.ucm.ac.mz>

Email: [reid@ucm.ac.mz](mailto:reid@ucm.ac.mz)

Tel.: (+258) 23 324 809

Fax: (+258) 23 324 858

Beira, Moçambique

## Introdução

O tratamento ou beneficiamento de minérios consiste de operações aplicadas aos bens minerais visando modificar a granulometria, a concentração relativa das espécies minerais presentes ou a forma, sem, contudo, modificar a identidade química ou física dos minerais.

Os sectores mineiro e metalúrgico aparecem dentro das indústrias que mais impactam o meio ambiente, devido manusearem grandes volumes de água, sólidos, óleos (emulsionados ou não), reagentes residuais, gases, elementos com propriedades radioactivas, entre outros que, inevitavelmente, poluem via poeiras, efluentes contendo colóides, reagentes químicos, metais pesados dissolvidos, poluentes na forma de aerossóis, dentre outros.

Devido a estes factores, estes sectores assumem a responsabilidade social e ambiental, trabalhando dentro dos mais rigorosos padrões de qualidade internacionais visando à preservação da saúde humana e de seu habitat. Assim, estas actividades estão sendo integradas à sociedade dentro de um conceito de desenvolvimento sustentável constituído de acordos convenientes a ambas. Dentro deste contexto, a política ambiental dos sectores deveria ser constantemente revisada, actualizada e comprometida com uma legislação moderna, dinâmica e efectiva.

De acordo com a gerência ambiental da empresa em estudo têm sido feito um grande esforço com vista a reduzir os impactos ambientais causados pelo descarte do rejeito do carvão mineral proveniente da planta de processamento, porém este imenso esforço feito não tem sido suficiente para mitigar os impactos ambientais causados pelo descarte de rejeito, nesta ordem de ideias, torna se importante analisar os métodos de mitigação dos impactos ambientais adoptados pela empresa e propor algumas medidas para a melhoria dos mesmos visando a redução dos impactos ambientais.

O descarte de minerais de interesse assim como do rejeito e os efluentes no processamento de carvão mineral origina diversos problemas para o meio ambiente porque estas massas descartadas contem elementos químicos, ou seja, substâncias que contem elementos químicos altamente nocivos ao homem e ao meio ambiente.

Por estes motivos torna se imprescindível a análise das práticas de beneficiamento mineral para poder perceber até que ponto elas respeitam as normas estabelecidas para a preservação do meio ambiente, pois o descarte das massas como os rejeitos e os efluentes resultantes do processamento do carvão mineral são altamente nocivas ao meio ambiente e podem até colocar em risco a biodiversidade assim como a vida humana pois estas substâncias que são descartadas e depositadas no meio ambiente possuem composições químicas nocivas ao ecossistema.

Face aos argumentos acima, surgiu a necessidade de responder a seguinte pergunta: *Que medidas de redução dos impactos ambientais são observadas no processo de descarte de rejeito de Carvão Mineral na empresa em estudo?* Para responder esta questão, traçou-se o seguinte objectivo geral: Analisar os impactos ambientais causados pelo descarte de rejeito de

---

carvão mineral e elaborar propostas para o melhoramento das medidas de mitigação visando a redução dos impactos ambientais na barragem de rejeitos da empresa em estudo, sendo subcategorizado nos seguintes objectivos específicos do estudo: Descrever como ocorre o processamento de carvão mineral e o processo de descarte dos rejeitos do carvão mineral na empresa em estudo; Descrever os impactos ambientais causados pela deposição do rejeito proveniente do processamento do carvão mineral na planta da empresa nas operações unitárias associadas ao tratamento do minério: espessamento, filtragem, secagem e descarte de rejeitos; Realizar a Análise imediata do material descartado na barragem de rejeito da empresa em estudo para a identificação dos elementos químicos nocivos ao meio ambiente; Propor medidas para o melhoramento dos métodos de mitigação visando a redução dos impactos causados pelo descarte de rejeitos de carvão mineral na empresa em estudo.

Para além desta breve introdução, o presente artigo encontra-se organizado em cinco secções. A 2ª secção apresenta a revisão da literatura, incluindo estudos empíricos. A terceira descreve as considerações metodológicas. A quarta evidencia os resultados e faz a discussão do estudo e, por fim, na quinta secção, são apresentadas as considerações finais.

## **Revisão da Literatura**

Segundo Fernando et al (2010), a mineração de carvão mineral, como em muitas outras regiões do mundo, gera grandes volumes de rejeitos, que se não forem adequadamente gerenciados, podem provocar sérios danos ambientais, como a contaminação do solo, da água e do ar, além de afectar a saúde das comunidades locais.

### ***Carvão Mineral***

Segundo Viana (2005), o carvão mineral pode ser conceituado como uma rocha sedimentar combustível originado a partir da matéria orgânica. Os processos que convertem essa matéria orgânica em carvão são denominados processos de carbonificação e necessitam de variáveis como pressão, temperatura, tempo e acção de micro-organismos.

O carvão mineral pode ser definido como uma rocha sedimentar combustível constituída de determinados vegetais, bem como tecidos lenhosos e hidrocarbonetos, ou seja, de material heterogéneo que sofreu soterramento e compactação em bacias originalmente pouco profundas. Factores como a pressão, a temperatura, tectónica podem determinar a carbonificação gradativa da matéria original que sofreu modificações como perdas do oxigénio, da água e o enriquecimento em carbono.

### ***Composição de carvão mineral***

O carvão mineral é composto de oxigénio, hidrogénio, enxofre, cinzas e em sua maior parte, carbono. O principal constituinte do carvão mineral que é a madeira, foi a principal responsável pela percentagem de carbono de sua composição, sendo a madeira composta por aproximadamente 50 % de Carbono, 44% de Oxigénio, 5 % de Hidrogénio e 1 % de outros compostos, Moderna Plus, (2016).

Classes	% de carbono	Energia liberada na queima (10 <sup>3</sup> Kca/ Kg-1) de material seco)
Madeira	50	4,5
Turfa	45 – 55	5 a 6
Lenhito	60 -75	6,5
Hulha	75 – 85	7 a 8
Antracita	90 – 96	8,5

*Tabela 1: Composição de Carvão mineral e as suas respectivas percentagens quantidade de carbono*

**Fonte:** Aneel (2016) e Modernaplus (2016)

### ***Importância do carvão mineral***

O carvão mineral ou simplesmente carvão – é um combustível fóssil sólido formado a partir da matéria orgânica de vegetais depositados em bacias sedimentares. Por acção de pressão e 15 temperatura em ambiente sem contacto com o ar, em decorrência de soterramento e actividade orogénica, os restos vegetais ao longo do tempo geológico se solidificam, perdem oxigénio e hidrogénio e se enriquecem em carbono, em um processo denominado carbonificação (Balanço mineral Brasileiro, 2001).

Segundo Alberto (2016), o carvão térmico é empregado nos processos de combustão para produzir vapor na geração de electricidade e calor. O carvão metalúrgico é usado principalmente para produzir o coque, utilizado como agente redutor nos altos-fornos no processo de produção de aço.

Segundo Alberto (2016), o carvão metalúrgico inclui carvão coqueificável e carvão utilizado com objectivos redutores, como por exemplo na injeção de carvão pulverizado (PCI). O carvão é um recurso natural com extensa distribuição, sendo explorado em diversos países.

O sector industrial relativo ao carvão divide-se em dois segmentos-chave: aquele relacionado ao carvão térmico e aquele relacionado ao carvão metalúrgico (Alberto, 2016).

### ***Aspectos ambientais nos sectores mineiro e metalúrgico.***

Os sectores mineiro e metalúrgico aparecem dentro das indústrias que mais impactam o meio ambiente, devido manusearem grandes volumes de água, sólidos, óleos (emulsionados ou não), reagentes residuais, gases, elementos com propriedades radioactivas, entre outros que, inevitavelmente, poluem via poeiras, efluentes contendo colóides, reagentes químicos, metais pesados dissolvidos, poluentes na forma de aerossóis, dentre outros.

Devido a estes fatos, estes sectores assumem a responsabilidade social e ambiental, trabalhando dentro dos mais rigorosos padrões de qualidade internacionais visando à preservação da saúde humana e de seu habitat. Assim, estas actividades estão sendo integradas à sociedade dentro de um conceito de desenvolvimento sustentável constituído de acordos convenientes a ambas. Dentro deste contexto, a política ambiental dos sectores deveria ser constantemente revisada, actualizada e comprometida com uma legislação moderna, dinâmica e efectiva (Castro et al., 1998; Chander, 1992) citado.

Os processos existentes para o controle dos impactos ambientais são diversos e com eficiências muito variadas sendo que esta área está focada para o desenvolvimento científico e tecnológico que é caracterizado por um volume crescente de actividades, com ênfase na formação de recursos humanos, realização de projectos optimização dos processos existentes e busca de novas tecnologias (Castro et al., 1998; Chander, 1992).

### ***Impactos ambientais nas operações Lavra.***

Segundo Braga, França e Sampaio (2010), os principais impactos nas operações de lavra são: ruídos, poeiras e, em alguns casos, contaminação de solos por drenagem ácida e explosivos derivados da glicerina, onde são originados íons de metais pesados como cobre, níquel, chumbo, zinco, mercúrio, além do ferro e aniões, tais como, sulfato, fosfato, arseniato, telurato, fluoreto, molibdato, cianeto, entre outros. Também, os derrames de óleos, graxas e solventes orgânicos, as emissões de gases, os descartes de plásticos, lodos (precipitados), rejeitos produtores de ácidos, a poluição visual, as alterações da biodiversidade, a deposição-estocagem de rejeitos (bacias, cavas), a radioactividade e a combustão espontânea (pirita do carvão, por exemplo) são impactos comuns provenientes desta actividade.

### ***Impactos ambientais nas operações de Beneficiamento***

Segundo Braga, França e Sampaio (2010), os impactos mais comuns no beneficiamento são ocasionados por efluentes líquidos contendo metais pesados e aniões tóxicos, sólidos (as vezes coloidais), resíduos orgânicos (espumantes, colectores, surfactantes e óleos). Ainda, pode-se destacar a produção de poeiras e ruídos nas etapas de cominuição, as emissões gasosas (orgânicas) e os vapores, como, por exemplo, de mercúrio que mesmo em pequenas proporções apresenta um efeito impactante muito significativo.

### ***Impactos ambientais nas operações de Metalurgia Extractiva/Processamento Metalúrgico***

Para Braga, França e Sampaio (2010), na metalurgia, os impactos ambientais são provenientes de efluentes líquidos contendo metais pesados, aniões, compostos orgânicos e metálicos, complexos e quelatos tóxicos, óleos (solventes orgânicos) emulsificados ou não, sólidos finos ou coloidais (lodos), bem como, de gases (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) e aerossóis (óxidos de arsênico, cinzas voláteis) e deposição de rejeitos sólidos (piritosos).

## **Procedimentos Metodológicos**

### ***Tipo de pesquisa.***

A pesquisa seguiu uma abordagem qualitativa. Quanto aos objectivos a pesquisa é exploratória e descritiva. Quanto aos procedimentos trata-se de uma pesquisa de campo, de revisão bibliográfica e pesquisa experimental, pois tratou se de analisar algumas amostras de rejeitos para a verificação dos níveis de concentração.

### ***População ou Universo e Participantes de estudo.***

A população em estudo foi concretamente todos os funcionários da empresa mineradora em estudo na província de Tete. O processo de amostragem foi não probabiintencional. Referir que nem todos os estudos têm, efetivamente, uma amostra. É o caso dos estudos inscritos no enfoque qualitativo, que procuram explorar algo ainda pouco conhecido e com escassa literatura ou falta de estudos empíricos. Para a materialização do nosso estudo contamos como participantes do estudo 7 funcionários da empresa em estudo.

### ***Técnicas e Instrumentos de Recolha de Dados***

Para a colecta de dados, foram utilizadas a observação direta, a entrevista semi-estruturada, e colecta de amostras de carvão mineral. Foram entrevistados 7 colaboradores da empresa envolvendo o gerente da planta, 1 ao gerente da área ambiental e 5 engenheiros ambientais da empresa mineradora em estudo.

Na fase de colecta de amostras, aplicou se vários processos de amostragem cujo objectivo era a obtenção de amostras do rejeito do carvão mineral em 4 pilhas na empresa mineradora em estudo.

### ***Técnicas de Análise e Interpretação de Dados***

Para análise dos dados, a pesquisa recorreu a análise de conteúdos, para analisar as informações que foram colectadas nos entrevistados. Para a análise das amostras de carvão colectadas, recorreu se a análises laboratoriais através do analisador Termogravimétrico.

## **Apresentação, Análise e Discussão dos Resultados**

### ***Descrição da planta de processamento de carvão mineral na empresa mineradora em estudo.***

As operações de processamento do carvão mineral na planta de processamento na empresa em estudo iniciam se pela cominuição ou fragmentação do carvão mineral com o objectivo de reduzir o tamanho das partículas e liberar os minerais com vista a facilitar os processos subsequentes e terminam no processo de separação sólido-liquido que objectiva em separar a polpa que conte o carvão em duas fases distintas (fase sólida e fase líquida) de modo a condicionar o produto de acordo cós as especificações de humidade estabelecidas pelo comprador do carvão mineral.

---

### ***Descrição Dos Principais Circuitos De Processamento De Carvão Mineral na empresa mineradora em estudo.***

A planta de processamento de carvão mineral na empresa, tem a capacidade de tratar e beneficiar até 400 t/h de carvão mineral em cada módulo podendo tratar nos 2 módulos 800t/h cada módulo que encontra se disposto em três principais circuitos nomeadamente:

- a) Circuito de carvão grosso (1mm até -50mm);
- b) Circuito de carvão fino (-1mm até 0.25mm);
- c) Circuito de carvão ultrafino (-0.25mm).

Na planta de processamento na empresa em estudo é possível encontrar circuitos auxiliares que garantem o processamento do minério tais como:

- a) Circuito de meio denso;
- b) Circuito de água;
- c) Circuito de recuperação de água.

No que tange o tratamento do carvão grosso, é usado o meio denso para separação das partículas grossas, para o caso das partículas finos usa-se a fluidização do meio tendo em conta a densidade do material numa polpa e o carvão ultrafino explora se as características superficiais do carvão usando a flotação.

### ***Circuitos De Carvão Grosso da planta de processamento do carvão mineral na empresa em estudo.***

O processamento de carvão mineral na empresa em estudo começa com a separação do carvão grosso e fino em uma operação unitária conhecida por classificação que é a separação de um certo material em duas ou mais frações em classes densitárias e com partículas de tamanhos distintos.

A classificação por tamanhos é feita através de uma peneira de deslamagem com abertura de # 1mm onde o passante (-1mm) é o fino e o retido (+1 até -50mm) é o grosso que é arrastado por meio denso (mistura de água e magnetite) para o tanque misturador onde bombeia a polpa para o ciclone primário que através da diferença de densidades do material e pressão faz a separação do carvão (flutuante) e o rejeito (afundado) baseando se numa densidade de corte pré- determinada que varia de 1,525 g/cm<sup>3</sup> a 1,600 g/cm<sup>3</sup>.

O rejeito passa por uma peneira de desaguamento e lavagem de magnetite para a recuperação do meio denso, e é descartado por meio da correia que alimenta o silo de rejeito e transportado por camiões para o respectivo depósito. O material do flutuante do ciclone primário desagua na peneira que recupera o meio denso primário e é arrastado de novo por meio denso secundário com outra densidade pré-determinada para o ciclone secundário que faz a separação de carvão coqueificavel (flutuante) e carvão térmico (afundado), e os dois

produtos passam por peneiras de desaguamento e lavagem para a recuperação do meio denso e lavagem de magnetite e alimenta se as centrifugadoras para a redução de humidade e são alimentadas as correias de carvão coqueificável e de térmico para as pilhas de armazenamento como ilustra a **figura 1**.

**Figura 1: Planta de concentração do carvão grosso (A) modulo D-II (B) modulo D-II**



**Fonte:** Autor (2022).

### ***Circuito De Carvão Fino (-1mm) da planta de processamento do carvão mineral da empresa em estudo.***

Este circuito do carvão fino (-1mm) começa na peneira de deslamagem com os *Undersize*, (-1mm) que se concentram por gravidade no tanque de finos em forma de polpa (água + carvão) e este alimenta por uma bomba os hidrociclones verticais de deslamagem onde ocorre a separação gravimétrica (classificação) através da diferença de densidade na água. Do hidrociclone, temos dois produtos, carvão fino (0.25 até 1mm, *underflwo*) e carvão ultrafino (-0.25mm, *overflwo*). O carvão ultrafino vai para o processo de flotação, e o fino passa por peneiras estáticas, com a finalidade de recuperação dos prováveis ultrafinos que possam ter escapado no hidrociclone e juntar ao circuito da flotação. O material retido flui para um tanque que bomba para os classificadores de espirais, onde ocorre a concentração do carvão fino através do princípio de deposição densitária de partículas. O produto, material flutuante, vai ao tanque que por sua vez, bomba para os ciclones desaguadores que fazem o desaguamento através do estrangulamento do ápex e temos o produto fino com água reduzida. O carvão desaguado passa por centrifugadoras para redução máxima de humidade e depois passa para correia transportadora até a pilha de carvão coqueificável. O rejeito, o afundado passa por uma peneira de desaguamento de alta frequência que tem como principal função recuperar o máximo a água contida no rejeito para o reaproveitamento.

O processamento do carvão após a diminuição é feito a húmido em forma de polpa, no circuito dos finos a alimentação feita em forma de polpa com cerca de 30% de sólidos flui pelos espirais classificadores e devido a pressão da alimentação certas quantidades de água tem sido derramadas e deste modo formando alguns charcos que depois de alguns dias a água contendo o carvão e outras substâncias acabam por infiltrar e contaminado as águas subterrâneas comprometendo deste modo a saúde de todos os seres que consome a água dos furos arredores do local de estudo.

*Figura 2: Módulo de Concentração do carvão fino na empresa em estudo.*



**Fonte:** Autor (2022).

***Circuito de carvão ultrafino da planta de processamento do carvão mineral na empresa em estudo.***

1. A flotação é um processo usado para separação de partículas ultrafinas ( $-0.25\text{mm}$ ), e é realizado nas colunas ou células de flotação. A flotação é um processo físico-químico de superfície usado na separação de minerais que dão origem à formação de um agregado, partícula mineral e bolha de ar, que, em meio aquoso, flutuam sob a forma de espuma. O princípio fundamental de flotação é a propriedade superficial das partículas, onde temos partículas hidrofílicas e hidrofóbicas.

O material ultrafino, junta-se em um tanque onde, se adicionado o colector que é o diesel e o espumante MIBC. O processo ocorre em um meio aquoso, com partículas suspensas e bolhas de ar. Para efectivar-se a flotação, deve haver a colisão, adesão e transporte das partículas

desejadas para a zona de flutuantes que o produto e o rejeito afundam. O produto flui para um tanque que alimenta duas centrifugadoras de secagem que secam o material e alimentam as correias de carvão coqueficável.

*Figura 3: (A) Célula de Flotação da empresa em estudo, (B) processo de espessamento*



**Fonte:** Autor (2022).

### ***Amostragem e análises imediatas do rejeito de carvão minerais obtidos nas pilhas dos Módulos I e II***

Com nos problemas observados durante a pesquisa e nos objectivos traçados e pretendidos na mesma pesquisa, para o alcance dos mesmos é fundamental a amostragem e análises do rejeito de carvão dos 2 módulos da empresa em estudo, o processo de amostragem feito foi sistemático onde foram colectadas amostras de carvão semanalmente durante o período de estudo, neste processo foi necessário colectar 2 amostras, uma amostra inerente ao rejeito do modulo I e a segunda inerente a pilha de rejeito do modulo II.

**Figura 4: (A) pilha de rejeito do Modulo I e (B) Pilha de rejeito do Modulo II**



**Fonte:** Autor (2022).

### ***Análise e interpretação de dados***

Os resultados com bases nas constatações tidas na observação, análises laboratoriais, entrevistas e revisão bibliográfica, das pilhas de rejeito do modulo I e II, durante o processamento do carvão mineral na planta empresa em estudo nos módulos I e II foi possível observar a ocorrência de praticas nocivas o meio ambiente e fragilidade de algumas medidas de mitigação, estes impactos estão directamente ligados ao descarte inadequado do rejeito do carvão mineral e associados as operações unitárias do processamento do carvão sendo:

- a) Poluição do ar (durante a Preparação granulométrica (ROM section) e pela emissão do CO<sub>2</sub> durante a combustão espontânea do rejeito de carvão);
- b) Contaminação dos solos durante o processamento de carvão mineral na planta da empresa em estudo no circuito dos grossos, no circuito dos finos, no espessamento e nas pilhas de rejeito;
- c) Contaminação da água subterrânea; durante o processamento de carvão mineral na planta da empresa em estudo no circuito dos grossos, no circuito dos finos, no espessamento e nas pilhas de rejeito
- d) Destruição da paisagem;
- e) Destruição da flora;
- f) Poluição sonora.

### **Conclusões e Sugestões**

## **Conclusões**

De um modo geral, o presente artigo permite concluir o seguinte:

Como já é sabido de antemão que todas as práticas desenvolvidas pelo homem impactam negativamente para o meio ambiente, as práticas da mineração e processamento dos recursos minerais não são a excepção. Com base nos dados e constatações tidas inerente a temática Proposta para o melhoramento das medidas de mitigação visando redução dos impactos ambientais causados pelo descarte de rejeito de Carvão Mineral na Empresa em estudo, os dados analisados permitiram chegar as seguintes conclusões:

Durante o processamento do carvão mineral na planta da empresa em estudo, nos módulos I e II foi possível observar a ocorrência de práticas nocivas o meio ambiente e fragilidade de algumas medidas de mitigação, estes impactos estão directamente ligados ao descarte inadequado do rejeito do carvão mineral e associados as operações unitárias do processamento do carvão sendo:

Poluição do ar: No silo do britador primário quando e feita a descarga do material vindo da mina e alimentação do ROM section, ocorre a projecção de partículas ultrafinas e microscópicas que misturam se com o ar e assim poluindo o ar que é respirado e inalados pelas pessoas que trabalham nas proximidades e pelas pessoas que residem próximo a planta da empresa em estudo. Esta poluição do ar não só impacta na qualidade do ar que é consumido a região do estudo, mas também impacta no desenvolvimento da flora e da fauna da região em caso.

Ainda na poluição do ar, um dos principais impactos ambientais observados após o processamento de carvão mineral a o descarte de material que contem teores de cinza a baixo de 55% como foi possível observar com base nas medias das cinzas das amostras analisadas obtendo valores inferiores as 50%, o que é considerado carvão mineral cujo mesmos quando entra em contacto com o oxigénio sofre uma combustão espontânea causando a emissão do CO<sub>2</sub> e O SO<sub>2</sub> que são nocivos a vida humana e ao meio ambiente, sendo os principais causadores da destruição da camada de ozono.

Contaminação dos solos durante o processamento de carvão mineral na planta da empresa em estudo no circuito dos grossos, no circuito dos finos, no espessamento e nas pilhas de rejeito: a planta de processamento de carvão mineral da empresa em estudo foi desenhada com o objectivo de classificar as partículas em espécies com características físicas e químicas dinásticas permitindo a obtenção do mineral de interesse com concentrações elevadas, neste processo de classificação todos os circuito operam com a alimentação em forma de polpa (Água + Sólido), nos dois módulos da planta da empresa, durante o processamento tem-se observado vários vazamentos nas tubulações e ate nos próprios equipamentos que permitem a emissão de substancias químicas misturadas na agua para o solo, estes líquidos contendo estas substancia ficam acumuladas chegando ao ponto de formar charcos e deste modo reagindo com o solo e assim alterando as características físicas e químicas dos solos.

---

A infiltração destes fluidos contendo esses elementos químicos acabam reagindo quimicamente com os elementos químicos presentes no solo e deste modo causando uma alteração das características físicas e químicas do perfil pedológico da área onde as águas ficam estagnadas.

Contaminação da água subterrânea; durante o processamento de carvão mineral na planta da empresa em estudo no circuito dos grossos, no circuito dos finos, no espessamento e nas pilhas de rejeito: Durante quase todo o processamento do carvão mineral na empresa em estudo é feito a húmido, ou seja, com a presença de água para facilitar o manuseio do material e facilitar o processo.

No circuito dos grossos ao longo das tubulações ocorrem vazamentos que permitem a saída de certas quantidades da polpa, no *in lete dos ciclones de meio denso* foi possível observar a presença de várias fugas que permitem a saída do meio denso contendo água e magnetite, assim como no tanque de preparação do meio denso há presença de fugas que permitem o vazamento de fluidos. Estes fluidos que tem vazado ao longo do circuito acaba formando acúmulos no chão da plana que após um período infiltra e deste modo acaba contaminando a água subterrânea, pois estes fluidos que migram até as águas subterrâneas contem elementos químicos que causam a contaminação da água subterrânea.

Um dos grandes factores que culminam com a emissão de águas contaminadas para o lençol freático e deposição de rejeitos com uma percentagem de humidade elevada que acaba por permitir a infiltração desse fluido que acaba contaminando as águas subterrâneas. Com base em entrevistas feitas aos residentes próximos a empresa mineradora, em alguns dos furos de água que eles consomem e usam para as suas actividades quotidianas a água sai turva apresentando uma coloração escura sendo o resultado da contaminação das águas subterrâneas.

Destruição da paisagem: Um dos desastres ambientais observados durante as actividades exercidas pela empresa em estudo, é a destruição da paisagem e características topográficas que antes existiam.

Durante a preparação de áreas para a deposição do rejeito da planta da empresa em estudo é feita a remoção de toda a cobertura vegetal e a iluminação de cumes com vista a nivelar a área para a deposição do rejeito, esta prática tem causado a destruição da paisagem.

Hoje é possível ver vários hectares devastados e destruídos devido a abertura de cavas construção de vias de acesso, construção de infraestruturas, construção de pilhas de rejeito, estas práticas acabam por eliminar a paisagem que outrora existia.

Destruição da flora: na empresa em estudo várias quantidades só sólidos são produzidos durante o processamento do carvão mineral, e em algumas operações unitárias são obtidos dois tipos de produtos nomeadamente, rejeito e concentrado.

Com o aumento da produção mineira ocorre o aumento da produção de sólidos na planta de processamento, é atractiva que é dada para o rejeito proveniente do processamento mineral é o seu acúmulo em forma de pilhas cónicas.

Neste processo de formação de pilhas e rejeito, ocorre a remoção de várias espécies de árvores em uma área grande com vista a dar lugar a deposição do rejeito, que acabam sendo perdidas pois não ocorre o processo de replantio ou reflorestamento.

Esta prática da remoção da cobertura vegetal para dar lugar a uma área para a deposição de rejeito coloca o ecossistema em desequilíbrio pois a fauna tem extrema importância para a purificação do ar que já encontra-se poluído pelas poeiras.

Poluição sonora: O funcionamento da planta e a circulação de grandes máquinas acaba gerando vibrações e ruídos que poluem o som típico da região, estes ruídos gerados pelos homens e suas actividades perturbam aos animais que estão no seu habitat nato, deste modo aos animais acabam por serem afugentados devido a poluição sonora e deslocando-se para outros lugares bem distantes do epicentro da poluição sonora.

### **Sugestões**

Com base nas constatações das análises e as conclusões feitas, seguem as seguintes recomendações com vista a melhorar as medidas aplicadas para a protecção do meio ambiente e para a redução dos impactos ambientais causados pelo processamento do carvão mineral e pelo descarte do rejeito:

- ✓ Durante o processo de cominuição na ROM propõem-se que faça-se a aspersão de água durante a descarga do material no silo do britador de Rolos dentados;
  - ✓ Faça-se a instalação de dispositivos inaladores de purificação de ar ao longo da área em estudo nos pontos críticos.
  - ✓ Adapte um processo de recuperação do carvão inserido no rejeito como forma de reduzir o poder calorífico do rejeito evitando assim a combustão espontânea do rejeito
  - ✓ Propõem-se que faça-se a eliminação das fugas nas tubulações e nos equipamentos com vista a reduzir a quantidade de água perdida e depositada no solo;
  - ✓ Adapte um sistema para a remoção das águas estagnadas no solo abaixo da planta de processamento;
  - ✓ A redução da pressão da alimentação das espirais com vista a reduzir a queda de água e perda de sólidos;
  - ✓ No que concerne a destruição da paisagem com vista a criar áreas para a deposição de rejeitos e construção das infraestruturas, propõem-se a reconstrução ambiental da mesma área e replantio das espécies em extinção, com vista devolver a vegetação a área devastada
  - ✓ Até então a empresa não dispõe de um sistema de replantio das árvores, propõe-se a empresa a criação de um sistema de replantio das árvores nas áreas já mineradas.
-

- ✓ Propõe-se que seja feita a devolução do rejeito as cavas ou crateras abertas com o objectivo de dar um aspecto topográfico adequado ao meio ambiente.

### Referências Bibliográficas

Alberto, L.P. (2016). Eficiência de Corte dos Ciclones de Meio Denso da Planta de Beneficiamento da Mina de Carvão da Vale- Moatize, Moçambique. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul. Porto Alegre

Aneel, moderna plus, siecesc. (2016). carvão mineral *balanço mineral*. Brasileiro

Aquino, J. A., Oliveira, M. L. M. & Braga, P. F. (2007). *Ensaio de meio denso*: in Sampaio, J. A., França, S. C. & Braga, P.F. Tratamento de minérios/ Práticas Laboratoriais. Rio de Janeiro.

Barbosa, M.C. (2014). *Qualidade do carvão vegetal produzido com material de diferentes posições axiais de um clone de Eucalyptusurophylla*. Universidade de Brasília Faculdade de Tecnologia. Brasília

Braga, P.F., Campos, A. R. & Luz, A. B. (2016). *Tratamento de Minérios*. Volume 1, (6ª. ed.). São Paulo.

Canastra, F., Haanstra, F. & Vilanculos, M. (2014). *Manual de investigação científica da Universidade Católica de Moçambique*: Instituto integrado de apoio à investigação científica. Moçambique. Beira.

Castro, S.H., Vergara F. & Sanchez, M. (1998). *Effluent Treatment in the Mining Industry*. University of Concepción-Chile.

Chander, S. (1992). *Emerging Process technologies for a cleaner environment*. *Anais do simpósio*. SME-AIME.

Da Luz, Adão, B. et al (2010). *Tratamento de Minérios*. CETEM/MCT, (5ª. ed.). Rio de Janeiro engenharia aplicada à indústria mineral. São Paulo.

Da Silva, D. D. B. (2016). *Optimização das Operações de Perfuração e Desmonte na Mina de Carvão da Jindal África, na Região de Chirodzi- Província de Tete, no período compreendido*

entre (2015-2016). Monografia submetida a Faculdade de Gestão dos Recursos Naturais e Mineralogia da Universidade Católica de Moçambique. Tete.

Dias, R & Souza, S. (2016). *Caracterização de coque metalúrgico produzido com adição de pneu inservíveis nas misturas de carvão mineral*. Dissertação de Mestrado. Brasil.

Dutra, R. (2008). *Concentração de minério de ferro*. Rio de Janeiro

Fonseca, J. J. (2002). *Metodologia da pesquisa científica*. Fortaleza. Brasil.

Gil, A. C. (2008). *Como Elaborar Projectos de Pesquisa*. São Paulo.

Guimarães, M. (2015). *Beneficiamento mineral: Aplicações e conceitos básicos*. Introdução à

JSPL Mozambique minerais Lda. (2012). *Relatório do estudo de impacto ambiental na mina de Chirodzi*. Tete.

MAE- Ministério de administração Estatal (2005). *Perfil do distrito de Changara. Província de Tete*. MAE Editora.

MAE- Ministério de administração Estatal (2011). *Perfil do distrito de Cahora-Bassa. Província de Tete*. MAE Editora.

Marconi, A & Lakatos, E. (2011). *Técnicas de pesquisa*. (7ª. ed.) São Paulo: Editora Atlas.

Melo, M. (2019). *Análise das perdas do mineral pesado no circuito das espirais no estágio de rougher na planta húmida de concentração de mineral pesado WCP-A da Kenmare Mining (MAURITIUS)*. Monografia submetida a Faculdade de Gestão dos Recursos Naturais e Mineralogia da Universidade Católica de Moçambique. Tete

Nhantumbo, M. De B. (2021). *Proposta Para O Melhoramento Das Variáveis Operacionais Do Ciclone De Meio-Densod2 Na Planta De Processamento De Carvão Mineral Da Empresa Jindal-África Na Província De Tete*. Monografia submetida a Faculdade de Gestão dos Recursos Naturais e Mineralogia da Universidade Católica de Moçambique. Tete

Perreira (2003). *Tratamento de minério*, Rio de Janeiro;

rchela Edison (2004). *Revista do Departamento de Geociências*, volume 13;

Roverly, A.(2000). *Metodologia de pesquisa*. Rio de Janeiro.

Sampieri, R. H., at al (2006). *Metodologia de Pesquisa*. (3ª. ed.). São Paulo.

Triviños, A. N. (1987). *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Editora Atlas.

Vergara. (1997). *Análise de método de pesquisa*. Rio de Janeiro, Brasil.

---

Viana, O. A.(2005). *Estudo para o uso de matérias-primas em misturas de carvões para obtenção de coque com características requeridas em Altos-fornos de alta produtividade*. Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais. UFMG. Belo Horizonte.

Vital, B.R., Jesus, R.M. & Valente, O.F. (1986). *Efeito da constituição química e da densidade da madeira de clones de Eucalyptus grandis na produção de carvão vegetal*. Revista Árvore. Brasil, pp151-160

Wills, B. A. (1988). *Heavy medium separation*. In: Mineral Processing Technology (4ª. ed.) Nova York.