



Universidade Agostinho Neto
Faculdade de Engenharia
Departamento de Engenharia de Minas

**Proposta de dimensionamento dos equipamentos de carregamento
e transporte**

Caso de estudo: Pedreira Geomineral

Autor: Jedião Jones Andrade Sambuquila

Orientador: Eng. João Adão de Carvalho

Trabalho de conclusão de fim de
Curso apresentado como requisito
complementar para obtenção do grau
Licenciatura em Engenharia de
Minas da Universidade Agostinho

Luanda Dezembro de 2018

Universidade Agostinho Neto
Faculdade de Engenharia
Departamento de Engenharia de Minas

**Proposta de dimensionamento dos equipamentos de carregamento
e transporte**

Caso de estudo: Pedreira Geomineral

Autor: Jedião Jones Andrade Sambuquila

Orientador: Eng. João Adão de Carvalho

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

Luanda Dezembro de 2018

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à toda minha família: Catarina Andrade Sambuquila, Argeta Domingos, Romeu Andrade e Sebastião Cazau que tanto batalharam para minha formação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por nunca me deixar sozinho.

Aos meus pais e aos meus irmãos, por todo suporte necessário que sempre me proveram ao longo da vida.

A empresa Geomineral Angola por me ceder o Estágio e os dados para que se concretizasse o trabalho.

Ao meu orientador Eng. João Adão de Carvalho, por sua total disponibilidade, paciência e atenção na elaboração deste trabalho, foi de extrema ajuda.

A todo corpo docente do curso de Engenharia de Minas da UAN, que sempre me ofertou o melhor nas matérias oferecidas.

Aos amigos de curso, que me acompanharam nesta longa caminhada e, certamente, continuaremos juntos, aqui vai o meu muito obrigado.

ÍNDICE

CONTEÚDO

LISTA DE FIGURAS.....	I
LISTA DE TABELAS.....	II
RESUMO.....	III
ABSTRACT	IV
CAPÍTULO 1 –CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
Capitulo 1. Generalidades	2
1.1 INTRODUÇÃO	2
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO	2
1.3 Situação Problemática	3
1.3.1 Problema	3
1.4 Hipótese	3
1.5 Objectivos	4
1.5.1 Geral	4
1.5.2 Específicos.....	4
1.6 Justificativa	Erro! Marcador não definido.
1.7 Objecto de Estudo	4
1.8 Limitação do trabalho	4
1.9 Metodologia de Pesquisa	4
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
Capítulo 2-Fundamentação Teórica.....	7

2.1 Definição de termos e conceitos	7
2.1.1 Operações de Lavra	8
2.1.2 Escavação ou desmonte	9
2.1.3 Carregamento.....	9
2.1.4 Transporte.....	10
2.1.5 Descarga e o espalhamento	11
2.2 Classificação dos equipamentos.....	11
2.2.1 Generalidades Sobre as unidades de Tracção.....	12
2.2.2 Características das unidades de tracção.....	12
2.2.3 Comparação entre tratores de esteiras e de pneus.....	13
2.3 Unidades Escavo-Carregadoras	14
2.3.1 Escavadeiras	14
2.3.2 Características das escavadeiras	14
2.3.3 Estimativa da capacidade produtiva teórica das retroescavadeiras	15
2.4 Unidades de transporte.....	17
2.4.1 Camião basculante	17
2.4.2 Camiões Fora de Estrada.....	18
2.4.3 Produção Horária dos camiões	19
2.5 Seleção de Equipamentos de Carregamento e de Transporte.....	20
2.5.1 Dimensionamento de Equipamentos de Carregamento e de Transporte	21
CAPITULO 3 -ESTUDO DE CASO.....	25
3.1 Caracterização Geográfica e Geológica da Pedreira Geomineral Angola.....	25
3.1.1 Localização geográfica e administrativa da pedreira.....	25
3.1.2 Localização da Pedreira Geomineral	26

3.1.3 Vias de comunicação	26
3.1.4 Relevo.....	26
3.1.5 Condições Climáticas.....	27
3.1.6 Economia da Região	27
3.1.7 Solo e Vegetação.....	28
3.1.8 Hidrologia	28
3.1.9 Caracterização geológica da área de estudo.....	29
3.2 Metodologia de Exploração Empregue na pedreira.....	30
3.2.1 Descrição do método de exploração	30
3.2.2 Lavra	30
3.2.3 Desmonte da rocha	32
3.2.4 Carregamento e transporte	32
3.2.5 Beneficiamento do minério.....	33
3.2.6 Sistema de Drenagem empregue na pedreira Geomineral	34
3.2.7 Reservas	34
3.2.8 Regime de trabalho da pedreira.....	35
3.2.9-Principais Parâmetros técnicos da Pedreira Geomineral	35
CAPITULO 4 -Discussões e Resultados: Proposta de dimensionamento dos equipamentos de carregamento e transporte de minérios.....	40
4.1 Análise dos parâmetros técnico dos equipamentos de carregamento e transporte de minérios com as características reais dos equipamentos usados na pedreira Geomineral	40
4.2 Parâmetros técnicos dos equipamentos de carga	41
4.3 Parâmetros técnicos dos equipamentos de Transporte	44
4.4.1 Análise dos parâmetros técnicos dos equipamentos de carregamento	47

4.4.2 Cálculos dos Parâmetros técnicos dos equipamentos de transporte da pedreira.....	50
4.6 Avaliação do impacto ambiental.....	57
4.6.1 Custos dos Equipamentos.....	57
4.6.2 Custo de propriedade.....	58
4.6.3 Custos operacional.....	59
CONCLUSÕES:	63
RECOMENDAÇÕES	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:Fluxo no processo de carregamento	10
Figura 2: Fluxo do processo de carregamento e transporte	11
Figura 3:Retroescavadeiras sob rodas e sob esteiras.....	15
Figura 4:Camião Basculante.....	18
Figura 5:Vagão do tipo rear-dump, Dumpers.....	18
Figura 6: Caminhões com estrutura articulada, Caminhões com estrutura rígida.....	19
Figura 7:Localização da província do Bengo no Mapa.....	25
Figura 8:Localização da, Pedreira da Geomineral no mapa	26
Figura 9:Relevo predominante na Pedreira.....	27
Figura 10:Área coberta de floresta nas proximidades da Pedreira	28
Figura 11:Lavra da pedreira Geomineral	31
Figura 12:Zona de tratamento da pedreira Geomineral	33
Figura 13:Manancial da Pedreira Geomineral, Mangueiras usadas no processo de drenagem...	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.Comparação entre tratores de esteiras e de pneus	13
Tabela 2.Principais Parâmetros técnicos da Pedreira Geomineral.....	36
Tabela 3.Características do caminhão Dumper CAT 735	37
Tabela 4.Característica da retroescavadeira cat 365.....	37
Tabela 5.Parâmetros técnicos do equipamento de carga da pedreira	44
Tabela 6.Parametros técnicos mineiros dos equipamentos de transporte	46
Tabela 7.Parâmetros técnicos dos equipamentos de carga após o dimensionamento.....	50
Tabela 8 .Parâmetros técnicos dos equipamentos de transporte após o dimensionamento	55
Tabela 9 Comparação dos parâmetros técnicos das unidades de carregamento e transporte....	56

RESUMO

Os custos com equipamentos representam cerca de metade dos custos totais de toda actividade mineira, por isso é importante dimensionar correctamente os mesmos.

Neste trabalho foi redimensionado os equipamentos de carregamento e transporte na pedreira Geomineral mineral.

Após diversas análises e estudos feitos na pedreira Geomineral, bem como no desenvolvimento do trabalho, concluímos que para se evitar o tempo excessivo de carregamento dos equipamentos de transporte (camiões) pela retroescavadeira, é necessária uma melhor compatibilização destes equipamentos.

Calculando os principais índices técnicos dos equipamentos de carregamento e transporte da rocha gnaisse da frente de trabalho até a central de tratamento com aplicação da metodologia proposta por Pereda S. y Polanco R. [1999], verificou-se ou provou-se que ao invés de se aumentar o número de camiões e de retroescavadeiras que dificultaria o fluxo dos camiões causando congestionamento nas vias e longas filas de espera pois a distância da frente de desmonte até a britadeira é de 363m ,optou-se por obter uma retroescavadeira mais compatível com o camião, tendo-se registado aumento nos índices de produtividade dos mesmos equipamentos.

Palavras chaves: Equipamento, dimensionamento e produção

ABSTRACT

Equipment costs represent about half of the total cost of all mining activities,so it is importante to correctly dimension them.In this work,the loading and transport equipment in the Geomineral mineral quarry was resized.After several analyzes and studies carried out in the Geomineral quarry,as well as in the development of the work, we concluded that in order to avoid the excessive time of loading the transport equipment(trucks) by the backhoe,a better compatibility of these equipment for loading and transporting the gneiss rock from the work front to the tratment center using the methodology proposed by Pereda S.and Polanco R.[1999],It was verified or proved that instead to increase the number of trucks and backhoe loaders,which would hamper the flow of trucks,causing congestion on the roads and long queues,as the distance from the dismantling front to the crusher is 363m,it was decided to obtain a backhoe that was more compatible with the truck.with an increase in the productivity indexes of the same equipament.

Keywords: Equipment,dimensioning and production

CAPÍTULO 1: CONSIDERAÇÕES GERAIS

Capítulo 1. Considerações gerais

1.1 INTRODUÇÃO

A constante busca pelo aumento da produtividade e redução de custos, Sempre esteve presente nos empreendimentos de mineração, mas em função da crise que se alastrou pelo país essa busca tornou-se ainda mais importante e necessária, possibilitando preços mais competitivos e lucrativos. Factores os quais estimulam a busca por métodos e ferramentas que ajudam nos planeamento e gerenciamento das minas.

Fazer a extracção do minério não é uma tarefa fácil, o custo envolvido torna-se elevado função dos equipamentos empregados e dos custos para mantê-los em operação. Nesse caso, necessita-se de uma pessoa capacitada para realizar o dimensionamento desses equipamentos, um engenheiro de minas, que necessita ter alguns parâmetros em mãos para que o dimensionamento possa ser executado.

Durante as operações de carregamento e transporte de minérios na pedreira Geomineral verifica-se que a britadeira trabalha muito tempo sem material, pelo facto do excessivo tempo de carregamento dos camiões efectuados pela retroescavadeira. Neste trabalho procuramos dar uma solução a esta questão efectuando uma melhor compatibilização dos equipamentos de carregamento e transporte de minérios.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em quatro capítulos:

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

No **segundo capítulo** fala-se da fundamentação teórica do tema em questão, aborda-se os conceitos gerais dos equipamentos de terraplanagem usados nas minas a céu aberto e são abordados também os parâmetros a se ter em conta no dimensionamento dos equipamentos mineiros.

No **terceiro capítulo** faz-se um estudo de caso, temos numa forma genérica as características geográficas, geológicas da Pedreira Geomineral. Nas características

geográficas e geológicas trata-se de alguns factores, como a localização, relevo, condições climáticas, hidrologia, recursos minerais e energéticos. São apresentados de forma resumida os principais parâmetros da pedreira, bem como a tecnologia de exploração empregue na mesma.

No **capítulo quatro** é feita a aplicação da fundamentação teórica na resolução da questão da determinação de uma melhor compatibilização dos equipamentos de carregamento e transporte de minérios, e finalmente são apresentados os resultados e as devidas conclusões e recomendações.

1.3 Situação Problemática

A pedreira Geomineral tem em sua posse três camiões dumpers, mas no que consiste em transportar o equipamento, da frente de trabalho até a zona de beneficiamento, a empresa disponibiliza dois camiões para realizar esse processo, enquanto o outro fica de stock para substituir um dos dois que está em operação em caso de avaria.

Tendo em conta o tempo de carregamento dos camiões ocasiona um tempo excessivo de espera na alimentação da britadeira primária.

1.3.1 Problema

Necessidade de um dimensionamento adequado dos equipamentos de carregamento e transporte de minérios necessários para se evitar o excessivo tempo de espera na alimentação da britadeira primária e assim maximizar a produção da pedreira.

1.4 Hipótese

Se se realizar uma caracterização geológica e geográfica da área em estudo e descrever a metodologia de exploração empregue e se determinar os parâmetros técnicos-mineiros dos equipamentos de carregamento e transporte para melhor compatibilizar os mesmos, evitar-se-á o excessivo tempo de espera da britadeira primária e obteremos uma produção eficiente.

1.5 Objectivos

1.5.1 Geral

Dimensionar correctamente os equipamentos de carregamento e transporte de minérios de modos a garantir uma produção eficiente da pedreira.

1.5.2 Específicos

- Efectuar a caracterização geológica e geográfica da área em estudo
- Descrever a metodologia de exploração empregue na pedreira
- Determinar dos parâmetros técnico-mineiros dos equipamentos de carregamento e transporte necessários para o dimensionamento.

1.6 justificativa

O principal elemento que justifica a escolha da linha de pesquisa, ora proposta, tem haver com a relevância e implicações económicas envolvidas: os equipamentos de mineração representam mais de 50% dos custos envolvidos numa exploração mineira, e o dimensionamento destes serve como principal suporte no processo decisório sobre a realização, continuidade ou rejeição de um empreendimento de mineração;

1.7 Objecto de Estudo

Sistema de carregamento e Transporte na Pedreira Geomineral

1.8 Limitação do trabalho

Neste trabalho para o dimensionamento dos equipamentos de carregamento e transporte de minérios avaliamos simplesmente os parâmetros técnicos dos equipamentos e não uma avaliação técnico-económica

1.9 Metodologia de Pesquisa

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

Desta forma o método é o conjunto de procedimentos e /ou caminho com o qual se atingem os objectivos ou explicações de um determinado problema. Do ponto de vista dos objectivos e do problema optou-se pelos seguintes tipos de pesquisas:

Pesquisa Exploratória:

Visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; análise de exemplos que estimulem a compreensão. Assumindo, em geral, as formas de Pesquisas Bibliográficas e Estudos de Caso. **Pesquisa Descritiva:**

Visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como: questionário e observação sistemática. Todavia para atingir os objectivos de estudo, o desenvolvimento deste trabalho foi baseado na seguinte metodologia:

Pesquisa bibliográfica e visita técnica nesta pedreira (observações pessoais e colheita de dados)

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Capítulo 2. Fundamentação Teórica

2.1 Definição de termos e conceitos

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

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

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

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

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

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

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

Lavra: Diz-se operação de extrair da mina o minério e o estéril transportando-os para a central de tratamento e para outros locais de deposição.

Método De Exploração: É a técnica de extracção do minério, esteja ele em superfície ou em profundidade.

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

Equipamento: Conjunto de meios materiais necessário a realização de determinada actividade.

Pedreira: Actividade mineira cujo objectivo consiste em extrair minerais para actividade de construção civil.

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

2.1.1 Operações de Lavra

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

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

Escavação

Carga do material escavado

Transporte

Descarga e espalhamento

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

2.1.2 Escavação ou desmonte

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

Uma escavação ou desmonte pode ser realizado com mais de uma finalidade, podendo ser para obtenção de bens minerais e a abertura de espaços para fins diversos. Escavações para fins de mineração normalmente envolvem grandes volumes de material, tanto estéril quanto minério, e se processam por períodos de tempo muito longos FERREIRA, [2013]. No momento da seleção do método de escavação requerem-se estudos prévios sobre a natureza, qualidade e quantidade do material a ser removido, seu arranjo espacial, seu comportamento quando removido, o que por sua vez é função de fatores geológico-geotécnicos.

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

O desmonte de rochas pode ser feito de três formas:

1-Desmonte hidráulico;

2-Desmonte mecânico;

3-Desmonte com explosivos

2.1.3 Carregamento

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

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

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

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

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



Figura 1:Fluxo no processo de carregamento

Fonte: Lopes (2010)

2.1.4 Transporte

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

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

A figura 2 caracteriza o movimento de caminhões nas operações de carregamento e transporte.

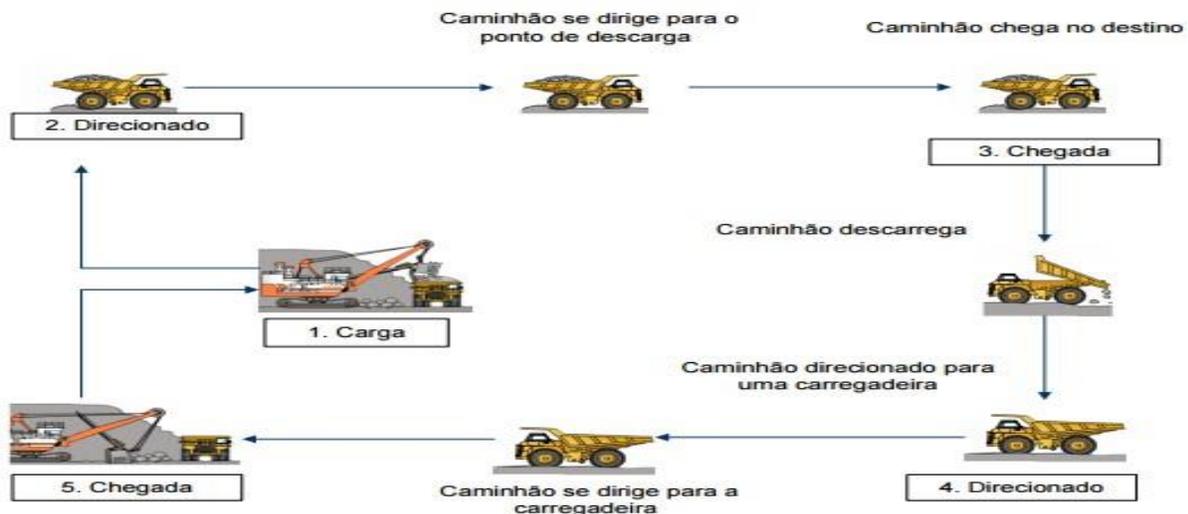


Figura 2: Fluxo do processo de carregamento e transporte

Fonte: Quevedo [2009]

2.1.5 Descarga e o espalhamento

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

2.2 Classificação dos equipamentos

Para efeito do estudo dos equipamentos empregados na mineração, os equipamentos são divididos em 8 unidades:

- Unidades de Tracção
- Unidades Escavo-Empurradoras
- Unidades Escavo-Transportadoras
- Unidades Aplainadoras
- Unidades Compactadoras
- Unidades Escavo-elevadoras
- Unidades de transporte

➤ Unidades Escavo-carregadoras

2.2.1 Generalidades Sobre as unidades de Tracção

A unidade de tracção (trator) é máquina básica da terraplanagem, pois todos os equipamentos à nossa disposição são tratores devidamente modificados ou adaptados a realizar as operações básicas da terraplanagem. Chama-se trator a unidade autônoma que executa a tração ou empurra outras máquinas e pode receber diversos implementos destinados a diferentes tarefas.

Essa unidade básica pode ser montada sobre esteiras e pode ser montada sobre esteiras e pneumáticos, recebendo as denominações genéricas de trator de esteiras ou trator de rodas (ou de pneus), respectivamente. As Esteiras De modo geral, exercem pressões sobre o terreno portante da ordem de 0,5 a 0,8 kgf/cm², aproximadamente, igual à pressão exercida por um homem em pé, sobre o chão. Os equipamentos de rodas, ao contrário, transmitem ao terreno pressões de contato da ordem de 3 a 6 $\frac{kgf}{cm^2}$.

2.2.2 Características das unidades de tracção

- ❖ Esforço Trator: É a força que o trator possui na barra de tração (no caso de esteiras) ou nas rodas motrizes (no caso de tratores de rodas) para executar as funções de rebocar ou de empurrar outros equipamentos ou implementos;
- ❖ Velocidade: É a velocidade de deslocamento da máquina, que depende, sobretudo, do dispositivo de montagem, sobre esteiras ou sobre rodas.
- ❖ Aderência: É a maior ou menor capacidade do trator de deslocar-se sobre os diversos terrenos ou superfícies revestidas, sem haver a patinagem da esteira (ou dos pneus) sobre o solo (ou revestimento) que o suporta, a aderência varia de acordo com o peso aplicado pelas rodas motoras (ou esteiras), pelo desenho e da forma da banda de rodagem (ou forma e dimensões das garras da esteira), tipo e condições da superfície do terreno.
- ❖ Flutuação: É a característica que permite ao trator deslocar-se sobre terrenos de baixa capacidade de suporte, sem haver o afundamento excessivo da esteira, ou dos pneus, na superfície que o sustém;

- ❖ **Balanceamento:** É a qualidade que deve possuir o trator, proveniente de uma boa distribuição de massas e de um centro de gravidade a pequena altura do chão, dando-lhe boas condições de equilíbrio, sob as mais variadas condições de trabalho.

2.2.3 Comparação entre tratores de esteiras e de pneus

A comparação será efectuada ou apercebida de forma resumida com o auxílio do seguinte quadro comparativo:

Características	Tractor de esteira	Tractor de rodas
Esforço trator	Elevado	Elevado, limitado pela aderência
Aderência	Boa	Ruim
Flutuação	Boa	Regular a ruim
Balanceamento	Bom	Bom
Velocidade	Baixa(Menor que 10km/h)	Alta(Entre 10 a 70 KM/h)

Tabela 1. Comparação entre tratores de esteiras e de pneus

Fonte: Ricardo, Hélio de Souza e Catalani, Guilherme[2006] 2.2.4-Campo de Aplicação

a) Tractor de Esteira

- Esforço trator elevado.
- Rampas de grande declividade.
- Terrenos com topografia acidentada.
- Terrenos de baixa capacidade de suporte

OBS.: Não teremos velocidade de operação, o que resulta em baixa produtividade.

b) Tractor de Rodas

- Topografia favorável
- Terreno com boas condições de suporte.
- Terreno com boas condições de aderência.
- Velocidade elevada, significando maior produção

OBS: As máquinas de pneus são insuperáveis em relação a velocidade, significando maior produção.

2.3 Unidades Escavo-Carregadoras

Estas unidades são constituídas por:

- Pá Carregadeira
- Escavadeiras

2.3.1 Escavadeiras

Chamadas de pá-mecânica. É um equipamento que trabalha parado. Podem ser montadas sobre esteiras, pneumáticos ou trilhos.

2.3.2 Características das escavadeiras

Normalmente sobre esteiras;

Giro de 360°;

Esteiras Lisas, sem garras e de maior largura;

Boa flutuação;

Deslocamento apenas através das esteiras – vel. 1,5 km / h ;

Trabalha parada, não participando do ciclo de terraplenagem durante o transporte e descarga;

O balanceamento é deficiente ocorrendo tombamento elevado. Atualmente utilizam-se um motor de contrapeso para contrabalançar o levantamento da caçamba carregada.

Principais tipos de lança:

- Lança com caçamba pá frontal ou shovel;
- Lança com caçamba de arrasto ou com caçamba “drag-line”;
- Lança com caçamba de mandíbulas; 4- Lança com caçamba retroescavadeira.

2.3.2.1 lança com caçamba Retroescavadeira

É utilizada em escavações abaixo do nível da máquina.

- Caçamba com abertura voltada para baixo.

- É limitada à abertura de valas em profundidade ou corte de altura elevada.
- Movimento de cima para baixo.
- Montadas na parte traseira dos tratores de pneus.

Quanto a sua locomoção, as retroescavadeiras podem ser montadas sobre esteira ou sobre pneus.



Figura 3: Retroescavadeiras sob rodas e sob esteiras

Fonte: Manual de Produção da Caterpillar [1995]

Este tipo de escavadeira é muito semelhante às escavadeiras shovel, diferenciando-se destas devido ao seu sentido de movimento, que, no caso das escavadeiras hidráulicas é realizado de cima para baixo, escavando assim, valas em níveis abaixo daquele em que o equipamento se encontra operando.

De acordo com Ricardo e Catalani (2007), as escavadeiras *retro-shovel* são utilizadas geralmente em: Escavação de valas muito profundas e de largura reduzida, sem presença de escoramento;

Cortes de altura elevada (acima do nível do terreno em que o equipamento está apoiado); Substituição de equipamentos das escavadeiras do tipo *drag-line* na abertura de canais, na remoção de solos impróprios, dentre outros.

2.3.3 Estimativa da capacidade produtiva teórica das retroescavadeiras

Na abundante literatura e dos manuais fornecidos pelos seus fabricantes encontra-se referidas, capacidades produtivas, constituindo elementos de fácil e cômoda consulta. A utilização destes dados deverá, no entanto, ser feita com algumas reservas, pois que

além de se basearem em aspectos comerciais manifestamente interessados no êxito concorrencial, eles estão mais virados para as condições de trabalhos mais usuais: as da construção civil, as quais no geral são bem diferentes das condições reais observadas nos trabalhos mineiros.

O cálculo da capacidade produtiva real das máquinas não é um processo preciso, pois além de depender de diversos parâmetros de difícil quantificação é ainda influenciável por factores aleatórios. No entanto, um utilizador experimentado e com bom conhecimento da realidade, mesmo sabendo-se que não há duas minas com características iguais.

O processo de cálculo genérico que a seguir se apresenta é teórico e pretende aproximar-se o mais possível das condições reais sendo expresso pela conhecida formula geral aplicável a todos os equipamentos cíclicos: $P = C \times F$

Em que P- é a capacidade produtiva, C- a capacidade do balde e F a frequência do ciclo. Sabendo que:

$$F = \frac{1}{t_c}$$

Sendo t_c o tempo dispendido na execução de um ciclo. No que diz respeito a este, é importante relembrar que o tempo de ciclo mínimo é o somatório de todos os tempos elementares (fixos, t_f e variáveis, t_v) relativos ao menor dos tempos em que seja possível executar um ciclo,

$t_{cmin} = t_f + t_v$; e o tempo de ciclo real $t_{cef} = t_{cmin} + \Sigma t_i$, em que Σt_i são o somatório de todos os tempos improdutivos ou de paragem.

A capacidade produtiva máxima e teórica do equipamento será:

$$P_{m\acute{a}x} = C_{max} \times \frac{1}{t_{cmin}}$$

E a capacidade teórica real será:

$$P_r = C_{max} \times \frac{1}{t_{cef}}$$

O conceito do rendimento global, ou factor de eficiência- R- da operação, é fundamentalmente para o cálculo da capacidade produtiva real. Sendo

$R = P_r/P_{max}$, verifica-se que ele poderá ser também expresso por:

$$R = \frac{t_{cmi}}{t_{cef}} = \frac{1}{1 + \frac{\sum t_i}{t_{cmin}}}$$

A expressão geral que permite calcular a capacidade produtiva real- P_r - em termos de rocha "in situ", será:

$$P_r = C \times \varphi \times \frac{1}{t_{cmin}} \times R;$$

Na qual, φ representa o coeficiente de empolamento dos produtos a manipular e as restantes letras têm o significado já dado anteriormente.

2.4 Unidades de transporte

O transporte mineiro constitui um dos ramos fundamentais do processo produtivo de qualquer empresa mineira, na qual o objectivo fundamental do transporte nas Minas, é o traslado da massa mineira desde a frente de trabalho, até os diferentes pontos de recepção ou descarregamento. Assim sendo as Máquinas ou Equipamentos servem como base para a execução deste serviço, e não só. São equipamentos destinados ao transporte de material provenientes de cortes ou pedreiras destinadas à aterros, bota-fora ou à pavimentação.

São equipamentos utilizados quando as distâncias para uso do motoscaper ou scaper se tornam anti-econômicos. São divididos em: caminhão basculante; Dumpers; Vagões; e Caminhões fora de estrada.

2.4.1 Camião basculante

Adequa-se a maioria dos serviços, transportando boa parte dos materiais na maioria dos terrenos, com bom rendimento de produção.



Figura 4: Camião Basculante

Fonte: Manual de Produção da Caterpillar [1995]



Figura 5: Vagão do tipo rear-dump, Dumpers

Fonte: Manual de Produção da Caterpillar [1995]

2.4.2 Camiões Fora de Estrada

São veículos usados para serviços pesados, de grande tonelagem de transporte. Têm caçambas com volumes superiores a 23 m³.

Devido suas dimensões, são impedidos de circular nas estradas, sendo restritos aos canteiros de obras.

Os caminhões fora-de-estrada podem ser de dois tipos:

- a) Caminhões com estrutura articulada;
- b) Caminhões com estrutura rígida;

Os caminhões fora de estrada têm essa denominação devido ao fato de não necessitarem de estradas para o seu deslocamento, pois possuem rodas de grande diâmetro, largas e pneus de baixa pressão que oferecem maior área de distribuição das cargas sobre o apoio. As dimensões desses caminhões são superiores às permitidas para tráfego normal em vias de rodagem. Alguns operam com cargas da ordem de 100 toneladas. Trabalham com velocidades que podem atingir a 60 km/h. A caçamba desses caminhões é do tipo específico para minérios, muito reforçada, tendo em alguns modelos, o fundo em forma de “V”, construído assim para baixar o centro de gravidade do conjunto carga-caminhão e reduzir o impacto de rochas, durante o carregamento.



Figura 6: Caminhões com estrutura articulada, Caminhões com estrutura rígida

Fonte: Manual de Produção da Caterpillar [1995]

2.4.3 Produção Horária dos caminhões

A produção horária dos caminhões fora de estrada pode ser obtida aplicando-se a expressão geral:

$$P_h = \frac{60.C.E.f}{T}$$

Sendo:

P_h - Produção horária, em m^3/h ;

E - Eficiência de trabalho. Deve ser obtida, de preferência, no local de trabalho. (Se desconhecida adoptar: $E = 0,70$); f- Fator de empolamento; T- Tempo de ciclo em minutos.

2.5 Seleção de Equipamentos de Carregamento e de Transporte

Segundo CALHAU [2013] apud BAŞÇETIN et al. [2006], o problema da seleção de equipamentos tem interface com as fases de projecto das instalações da mina e com a fase de produção, influenciando nos parâmetros econômicos operacionais e de longo prazo. Assim sendo, a seleção de equipamentos é baseada somente na experiência do tomador de decisões incorre em altos riscos econômicos, motivando o desenvolvimento de estudos e pesquisas na área.

Para o mesmo autor, mencionando AMARAL [2008], a seleção de equipamentos para mineração, não é um processo bem definido. Uma das razões para isso é que não há duas minas com características idênticas que proporcionem as mesmas condições para seleção dos equipamentos mais adequados. As características do minério, condições climáticas e a disposição dos depósitos são algumas das variáveis que podem diferir entre minas, mesmo essas contendo o mesmo tipo de minério.

Segundo BORGES [2013] apud SRAJER et al [1989], diz que uma pesquisa feita por estes revelou que na maioria dos casos é dada mais atenção à seleção de equipamentos de transporte do que à de equipamentos de carregamento. Os equipamentos de carregamento são tipicamente selecionados para corresponder às condições de minas em termos de capacidade necessária, às condições climáticas, exigências de mobilidade e número de frentes de lavra, ao mesmo tempo.

Nesta pesquisa feita por SRAJER et al [1989], os autores concluíram que, apesar das considerações acima, o conhecimento pessoal e experiência do engenheiro de minas ou do gerente com o equipamento de carga possui papel determinante sobre a escolha dos equipamentos.

Para a seleção de equipamentos de transporte, como caminhões, algumas empresas contam com o auxílio do fabricante para apresentá-los em uma proposta de aplicação baseada em requisitos de produção determinados. Em seguida as empresas selecionam o tipo e a capacidade do caminhão a partir das diferentes propostas com base nos seguintes critérios:

- Compatibilidade com equipamento de carga existente;

- Capacidade de atender às projeções de produção;
- Experiência anterior com o equipamento;
- Custo de aquisição e custo operacional;
- Utilização e disponibilidade estimadas. Na pesquisa feita por ERIC, [2006], diz que as principais considerações na seleção dos equipamentos são:
 - Geologia do depósito;
 - Metas de produção;
 - Vida útil do projecto;
 - Disponibilidade de capital;
 - Custo de operação;
 - Parâmetros geotécnicos;
 - Retorno de investimentos;
 - Interferências com o meio ambiente.

Porém, para uma escolha correta de equipamentos de carregamento e de transporte, esses factores devem ser seleccionados de forma integrada, a fim de aumentar a compatibilidade entre estes, otimizando a produtividade e principalmente minimizando os custos de produção.

2.5.1 Dimensionamento de Equipamentos de Carregamento e de Transporte

SILVA [2009], diz que uma vez seleccionados os tipos de equipamentos que atendam às condições específicas do trabalho, são importantes que se seleccione também os portes destes equipamentos, que irão operar conjugadamente, visando uma maior eficiência global, bem como para evitar que os cálculos do dimensionamento sejam feitos para alternativas que, de antemão, já se mostrem incompatíveis. Esta compatibilização deve, inicialmente, basearem-se em restrições físicas, tais como:

- a) A altura da bancada (H), condicionando o porte do equipamento de carregamento:

Pá carregadeira: $H = 5$ a 15 m;

Escavadeira hidráulica: $H = 4 + 0,45cc$ (m);

Escavadeira a cabo: $H = 10 + 0,57(cc - 6)$ (m)

Sendo cc = capacidade da concha em metro

b) Do alcance da descarga do equipamento de carregamento, condicionando o porte do equipamento de transporte.

De acordo com o mesmo autor, observadas estas restrições, a compatibilização dos equipamentos em operação conjugada deve, então, atender a outros fatores que irão afetar diretamente a eficiência da operação, tais como:

O número de passes do equipamento de carregamento para encher o equipamento de transporte. Considera-se que o número de 3 a 5 passes representa um bom equilíbrio. Um número menor seria preferível, quando:

1. O tamanho da caçamba da unidade de transporte não seja muito pequeno em comparação com o tamanho da caçamba da unidade de carregamento, resultando em impactos sobre a suspensão e a estrutura do veículo e derramamento excessivo da carga;
2. O tempo de carregamento não seja tão curto que ocasione a demora da chegada da unidade de transporte seguinte, ocasionando um tempo excessivo de espera por parte da unidade de carregamento;
3. O número de unidades de transporte para cada unidade de carregamento seja equilibrado. Se este número for muito pequeno poderá ocorrer ociosidade da unidade de carregamento; e se o contrário é provável que ocorram filas dos equipamentos de transporte;
4. O número excessivo de unidades da frota não ocasione dificuldades de tráfego e manutenção.

Para o dimensionamento dos equipamentos de carregamento e transporte de minérios, procede-se ao cálculo dos principais índices técnicos-económicos da escavadeira e do camião proposta a aplicar para o carregamento e o transporte de minério, da frente de

arranque até a central de tratamento, sendo utilizado a metodologia proposta por Pereda S. y Polanco R. [1999], cujo os passos são:

1: Análise dos parâmetros técnicos e económicos dos equipamentos de carga.

Nesta etapa teve-se em conta o seguinte:

- Factor de enchimento.
- Tempo de ciclo do equipamento de carga □ Produtividade teórica.
- Produtividade técnica.
- Produtividade de exploração.
- Produtividade de exploração por turno.
- Quantidade de baldes da escavadeira necessária para carregar o camião.
- Quantidade de escavadoras necessárias para a produtividade anual da pedreira.

2: Análise dos parâmetros técnicos e económicos dos equipamentos de transporte.

Nesta etapa teve-se em conta o seguinte:

- Cálculo do tempo de ciclo do camião.
- Cálculo da quantidade de viagens do camião por turno.
- Cálculo do volume da rocha que cabe num camião.
- Cálculo da produtividade do camião por turno.
- Cálculo da quantidade de camiões trabalhando num turno. □ Cálculo da produtividade mensal dos camiões □ Cálculo do tempo de espera dos camiões.

CAPÍTULO 3: ESTUDO DE CASO

CAPITULO 3. ESTUDO DE CASO

3.1 Caracterização Geográfica e Geológica da Pedreira Geomineral Angola

3.1.1 Localização geográfica e administrativa da pedreira

Em termos administrativo-geográficos, a pedreira Geomineral situa-se no Norte da República de Angola, na província do Bengo.

O Bengo é uma província do norte de Angola, com capital na cidade de Caxito. A província possui uma superfície de 25.139 km² com população estimada em cerca de 373.000 habitantes. É composta por seis (6) municípios (Ambriz, Dande, Bula-Atumba, Dembos, Nambuangongo e Pango-Aluquém). Estes municípios estão distribuídos da seguinte forma: a norte pelos municípios de Ambriz e Nambuangongo, a este pelos municípios dos Dembos e de Pango Aluquém, a sul pelos municípios de Cambambe e Icolo e Bengo e a oeste pelo município de Cacuaco e pelo Oceano Atlântico.

Caxito é a capital da província do Bengo e a sede do município do Dande. A província possui 23 comunas: Bela Vista, Tabi, Ambriz, Kiage, Bula Atumba, Barra do Dande, Quicabo Mabubas, Úcua, Caxito, Cage Mazumbo, Cana Cassala, Gombe, Kicunzo, Kixico, Zala, Muxaluando, Piri, Coxe, Paredes, Kibaxe, Cazuangongo e Pango.

A Província do Bengo, faz fronteira a Norte com as Províncias do Zaire e Uíge, a Leste com Kwanza-Norte, a Sul com Luanda e a Oeste com o Oceano Atlântico.

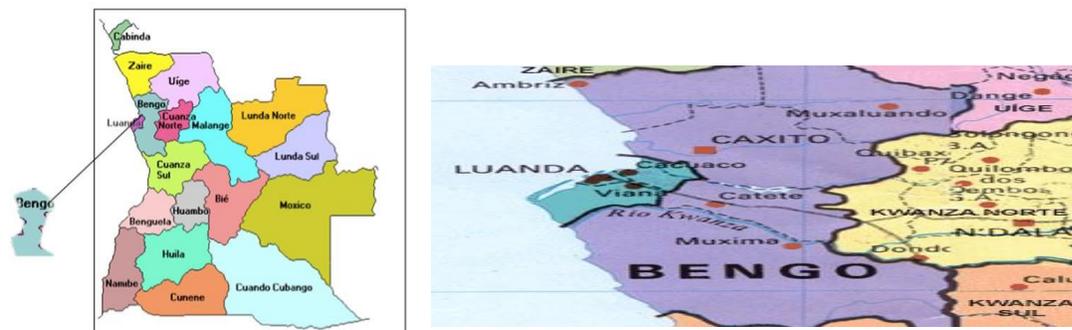


Figura 7: Localização da província do Bengo no Mapa

Fonte: Geomineral



Figura 9:Relevo predominante na Pedreira

Fonte: O autor

3.1.5 Condições Climáticas

O clima é tropical, megatérmico no extremo sudoeste e mesotérmico nas restantes áreas, diminuindo a humidade de oeste para leste. A precipitação média anual na província é de 250 – 500 mm durante a estação chuvosa. A média anual da humidade relativa varia entre 80 - 87%.

A província do Bengo regista uma temperatura média anual de 26 C. Quanto a estação ° chuvosa varia de outubro à; abril entre 20-22 °C. E, durante os meses de maio à outubro varia a estação seca. Existem vários rios que atravessam a província, destacando-se o Rio Kwanza, o mais importante do País e o Rio Dande que se encontra nas proximidades da região da Pedreira (à 10 km). Na estação chuvosa as margens dos rios ficam submersas.

3.1.6 Economia da Região

De todos os recursos minerais da província do Bengo, somente uma pequena parte que é completamente avaliada. Segundo as notícias explicativas das ocorrências de minerais da Direcção Provincial dos Serviços de Geologia e Minas, a nordeste de Luanda existem numerosas ocorrências de Micas, Ambuleia que é um filão pegmatítico encaixado em Gnaisses biotíticos alterados, dão origem a uma argila avermelhada, com grande quantidade de pequenas folhas de Micas, devido a forma alterada as rochas e a espessura do filão oscila entre 1 – 2 m.

3.1.7 Solo e Vegetação

A Província do Bengo, apresenta um subsolo rico em asfalto e gesso e uma larga e historicamente conhecida extensão de terra arável. Os tipos de solos que predominam nesta província são: ferralíticos e paraferalíticos; fersialíticos; arídicos tropicais; pouco evoluídos. Com toda esta riqueza a água e com um clima propício, apresenta uma flora rica em espécies florestais diferentes. A figura 5 mostra a vegetação predominante da região.(inserir figura). Os tipos de vegetação que predominam nesta província são:

Mosaico floresta - savana; Mosaico de balsedo – savana;

Savana com ou sem árvores e arbustos e matas tropicais secas



Figura 10:Área coberta de floresta nas proximidades da Pedreira

Fonte: O autor

3.1.8 Hidrologia

Uma das suas maiores riquezas é a rede hidrográfica que atravessa este território, banhado pelos rios Dande, Lué, Zenza, Kwanza e Longa. As bacias hidrográficas existentes na província são: Barragem das Mabubas e da Quiminha.

Os rios existentes na província são: rio Bengo, Dande, Loge, Onzo, Kwanza, Lufumo, Lué e Longa. Estes rios são detentores de uma vasta gama de crustáceos e peixes variados entre os quais a muito apreciada tilápia. Os principais rios da província são: rio Lué e o Longa. Na região da pedreira não existe nenhuma bacia hidrográfica apenas as linhas criadas pluviosidade, mas o rio Dande se encontra a 10 km da Pedreira, de acordo com o Governo Provincial do Bengo.

3.1.9 Caracterização geológica da área de estudo

Bengo é uma das províncias de Angola, situada geograficamente no Nordeste (NE) do País. A capital da província é a cidade de Caxito, o município de Dande, compreendendo uma área de aproximadamente 3.050 km².

Esta região cobre a área correspondente cerca de 3050 km² e é delimitada pelas latitudes 8° 00'-8° 30' S e pelas longitudes 14° 00'-14° 30' leste, abrangem a folha n° 73 da certa de Angola na escala 1/100.000.

A região está enquadrada geologicamente a um período correspondente a arcaico inferior separado com arcaico superior, as rochas metamórficas, ultrametamórficas e intrusivas desenvolvidas na área dos escudos, designadas anteriormente por complexo de base 90 são consideradas como rochas mais antigas no interior de Angola. A área de Caxito – Sassa até Nambuanguo não difere das características supracitadas. As rochas metamórficas do arcaico inferior estão representadas por Gnaisses variados (Bipiroxénicas, Hipersténicos ou Piroxénicos com Biotite, Granada e outros), Xistos, Anfibolitos e mais raramente por Eclogitos, Quartzitos. Todas estas rochas são atribuídas a fácies granulítica (B1) e anfibólica (B2) do metamorfismo regional. O arcaico inferior foi subdividido em dois grupos: inferior e superior.

A região está enquadrada geologicamente a um período correspondente a arcaico inferior separado com arcaico superior, as rochas metamórficas, ultrametamórficas e intrusivas desenvolvidas na área dos escudos, designadas anteriormente por complexo de base 90 são consideradas como rochas mais antigas no interior de Angola.

A área de Caxito – Sassa até Nambuanguo não difere das características supracitadas. As rochas metamórficas do arcaico inferior estão representadas por Gnaisses variados (Bipiroxénicas, Hipersténicos ou Piroxénicos com Biotite, Granada e outros), Xistos, Anfibolitos e mais raramente por Eclogitos, Quartzitos. Todas estas rochas são atribuídas a fácies granulítica (B1) e anfibólica (B2) do metamorfismo regional. O arcaico inferior foi subdividido em dois grupos: inferior e superior.

3.1.10 Características geológicas das rochas

O estudo feito na região de Caxito – Nambuangongo abarca também a região da pedreira do Sassa Povoação – Mabubas, que durante a orogenia do Congo ocidental, segundo o geólogo Korpershoek [1974] as rochas sofreram metamorfismo retrogrado que se manifesta pela substituição da Hornblenda em agregados de Biotite ou Clorite e Epídoto a que, as vezes, associa actinolite. Na isograda da oligoclase a fácies dos xistos verdes passa a fácies dos Anfíbolos Almandínicos dando, a Albite e Epídoto, lugar a Oligoclase e Plagioclase Cálcica.

O complexo de base é a formação mais antiga da área estudada, é constituído por Paragnaisses com Xistos cristalinos subordinados, Anfibolitos, meta Quartzitos e Migmatitos que são de importância restrita no conjunto. Os Gnaisses Biotíticos são as rochas mais frequentes na fácies dos Xistos verdes. A sua aparência é homogénea e a cor varia de cinzenta clara a escura.

A gnaissosidade pode ser pouco desenvolvida e os Gnaisses passem a rochas Granitóides compactas; noutros casos passam a Xistos Biotíticos Negros. Observam-se ainda Gnaisses Orbiculares e, localmente rochas magmáticas, Korpershoek [1974].

3.2 Metodologia de Exploração Empregue na pedreira

3.2.1 Descrição do método de exploração

A pedreira ocupa uma extensão de 100 hectares, cuja área de exploração é de 384 m², com uma reserva estimada em 29.000.000 de toneladas tendo vida útil de 48 anos, somente 25% desta se encontra em exploração, (segundo a empresa Geomineral).

A pedreira da Geomineral explora rochas para seu uso como material de construção e usa o método de exploração a céu aberto, por bancadas com avanço em um solo flanco, em rochas gnaiss fissuradas.

3.2.2 Lavra

Entende-se por lavra o conjunto de operações para o aproveitamento económico de uma jazida. É também a fase de extracção dos bens minerais (minério) de seus locais de

origem. Compreende operações de grande, médio ou pequena escala realizadas na superfície e/ou no subsolo. A figura abaixo ilustra a lavra da pedra em estudo.



Figura 11:Lavra da pedra Geomineral

Fonte: O autor

O processo inicia-se na lavra, onde se reúnem as actividades para a extracção do mineral. Durante o decapeamento da mina, são obtidos os resíduos denominados estéreis e, na abertura da cava, é extraído o material de interesse, os quais, respectivamente, seguem para pilha de estéril e para tratamento/beneficiamento Gonçalves, [2013]. Com a retirada do material de interesse, a profundidade da cava aumenta e o seu formato é alterado.

A pedra Geomineral é uma empresa mineira que está ligada a exploração de brita e pó de pedra, cuja primeira fase foi em 2007, em 2008 fez-se a desmantação durante um ano na qual produzia-se apenas Tuvena, em 2009 começou a primeira exploração propriamente dita.

Na execução do plano de produção é preciso ter em conta também as quatro operações básicas:

Escavação

Carregamento do material escavado

Transporte do material

Descarga

3.2.3 Desmorte da rocha

O desmorte de rocha (gnaisse) na pedreira é efectuada por meio mecânico e com o emprego de explosivos. O desmorte de maciços rochosos com recurso a explosivos é uma prática habitual no quotidiano das operações de uma mina ou pedreira que o seu maciço é duro, como é caso da Gnaisse. Os principais objectivos desse desmorte são: a fragmentação e o movimento da rocha.

Após execução dos furos numa determinada malha, antes que se faça carregamento e rebentamento dos furos feitos, é necessário que o Engenheiro responsável a esta actividade, faça um anúncio por escrito a rádio Bengo com antecedência de dois dias que a Pedreira vai explodir num referido dia com as suas respectivas horas de execução. Normalmente dá-se um intervalo de execução de sete (7) horas para que a equipa responsável em carregar e rebentar os furos trabalhem de forma tranquila sem que se sintam pressionado com o tempo que estipularam na carta, por este facto, estende-se muito o tempo mesmo sabendo que não se irá chegar até a hora máxima estipulada na carta.

No mesmo dia que se dá entrega do anúncio por escrito na Rádio Bengo, o responsável do carregamento e rebentamento dos furos, faz também uma carta de solicitação ao Departamento de Armas e Explosivos da Província do Bengo no sentido de proceder no acompanhamento da operação de Desmorte de Rocha com uso de explosivos nas suas Instalações.

A solicitação ao Departamento acima referido é bastante fundamental, porque a chave do paiol e paiolin é da inteira responsabilidade do Departamento em questão, pois na ausência de um polícia indicado pelo Departamento, o engenheiro não tem como realizar a acção de carregar e rebentar os furos.

3.2.4 Carregamento e transporte

O carregamento do material desmontado é feito por retroescavadeiras e o transporte é executado por camiões dumpers. A fase de transporte inicia quando os caminhões são direccionados até uma determinada frente de lavra, de forma que, os equipamentos de

carga, que estão ali operando, retiram o material e posteriormente carregam os caminhões QUEVEDO, [2009].

3.2.5 Beneficiamento do minério

Entende-se por beneficiamento o processo constituído de transformações físicas ou químicas segundo o qual o minério passa por uma preparação para subsequente estágio na sua industrialização, tal como fundição, lixiviamento e refinamento. Este processo serve para remover minerais constituintes não desejáveis (ganga), aumentando assim a concentração do mineral desejado ou para alterar as propriedades físicas do mineral, tal como a classificação de partículas e misturas contidas. (Luz e Lins, 2014)

Numa perspectiva sistêmica, a entrada seria o material saído da mina (“runof mine – rom”) para o estágio de beneficiamento, o resultado pode ser o produto final pronto para o mercado ou para outro processo industrial.



Figura 12:Zona de tratamento da pedreira Geomineral

Fonte: O autor

Em geral, um fluxograma de concentração inclui etapas de cominuição (britagem e moagem), classificação, a concentração propriamente dita e a etapa fina de desaguamento.

Cominuição: no qual o mineral é reduzido a fragmentos menores por britagem, moagem e classificação granulométrica;

Concentração: para separar o minério desejado de outros minerais;

Um processo final removendo a água do concentrado (desaguamento).

As etapas de beneficiamentos tendem a ser realizadas em sistemas fechados, com recirculação de água de processo e confinamento de rejeitos. Entretanto, a falta de controle de poeira, de ruídos, de reagentes, de águas de processo e estabilidade de barragens podem levar a sérios impactos ambientais.

3.2.6 Sistema de Drenagem empregue na pedreira Geomineral

O manancial da pedreira Geomineral teve a sua origem durante a exploração, isto é, na fase inicial, foi o local onde começou a exploração da pedreira durante este processo logo na primeira bancada, após ter atingido 12m de profundidade notou-se a presença de um lençol freático, tendo prosseguido assim a exploração com ajuda da aplicação de drenagem de modo a facilitar as operações efectuadas. Este processo decorreu durante um determinado tempo, devido o custo da aplicação de bombagem e o elevada quantidade de água, houve a necessidade de abandonar a frente de trabalho para uma outra (dentro da mesma área de concessão).

A água proveniente do manancial, actualmente é utilizado para humidificação de poeira durante o processo de tratamento do material extraído (brita), reduzindo assim o nível de impacto negativo da poeira durante a exploração.



Figura 13:Manancial da Pedreira Geomineral, Mangueiras usadas no processo de drenagem

Fonte: O autor

3.2.7 Reservas

A pedreira ocupa uma extensão de 100 ha, cuja área de exploração é de 384 km², com uma reserva estimada em 29 milhões de toneladas tendo vida útil de 48 anos, somente 25% desta se encontra em exploração.

3.2.8 Regime de trabalho da pedreira

O ritmo de produção ou capacidade produtiva é um parâmetro que influi um estudo económico de viabilidade, isto é, metros cúbicos da rocha produzida por ano. A pedreira Geomineral produz num regime de trabalho de 305dias/ano, 6 dias por semana (de segunda a sábado) com 1 turno de 8h de trabalho (cada dia).

Dias de trabalho: 285 dias

Horas trabalhadas / dia: 8h / d

Horas trabalhadas / ano: $8 \times 285 = 2280$ h.

Porém, do regime de trabalho resultam 2280 horas totais por ano. Mas deve-se levar em consideração de que o funcionamento de uma máquina não é durante o tempo do regime de trabalho da pedreira.

3.2.9-Principais Parâmetros técnicos da Pedreira Geomineral

Na seguinte tabela são apresentados alguns parâmetros da pedreira Geomineral, tais como altura da bancada, largura da bancada, ângulo do talude, reservas do minério na pedreira, área de exploração, número de equipamentos de carregamento e transporte de minério.

- 1-Altura da bancada
- 2-Largura da bancada
- 3-Ângulo do talude
- 4-Reserva de minério
- 5-Área de Exploração
- 6-Profundidade final
- 7-Número de camiões
- 8- Número de retroescavadeira
- 9-Distância da frente á britadeira

Altura da bancada	10 a 20m
Largura das bancadas	7,5 a 10,5m
Ângulo do talude	80 graus
Reserva do minério	29 milhões de toneladas
Área de exploração	384 km ² ,
Profundidade final	50m
Número de caminhões dumpers	3
Número de retroscavadeiras	1
Distância da frente de desmonte até a britadeira	363m

Tabela 2. Principais Parâmetros técnicos da Pedreira Geomineral

Fonte: Geomineral

3.2.10 Características dos equipamentos de carregamento e transportes usados na pedreira geomineral

Característica	Unidade	Valor
Comprimento	M	10,9
Altura	M	3,7
Largura	M	3,4
Velocidade máxima	m/s	46,99
Capacidade Volumétrica	<i>m³</i>	13,26
Peso vazio	T(tonelada)	40
Peso carregado	T(tonelada)	75

Tabela 3.Características do camião Dumper CAT 735

Fonte: Geomineral

Característica	Unidade	Valor
Capacidade Volumétrica	m ³	2,27
Altura	M	3,7
Comprimento	M	6
Largura	M	3,9
Peso bruto total	Kg	146000
Velocidade máxima do percurso	Km/h	4,1

Tabela 4.Característica da retroescavadeira cat 365 .

Fonte: Autor

3.2.11 Coeficientes de disponibilidade e de utilização dos equipamentos de carga e transporte

As escavadeiras e os camiões necessitam de manutenção e têm avarias inesperadas, razão pelo qual a sua disponibilidade nunca é de 100 %. Toda máquina em função das condições do local de trabalho, tem um número de horas programada em que a máquina está aprovada a trabalhar.

A percentagem do tempo operacional relativamente ao tempo do regime de trabalho é denominada coeficiente de disponibilidade dos equipamentos, determinado pela expressão a seguir:

$$DM = (B/A) \times 100\%;$$

Onde:

DM: Coeficiente de disponibilidade

B: tempo operacional, h

A: tempo do regime de trabalho, h

A disponibilidade mecânica dos equipamentos durante as operações na pedreira em estudo foi 90% para escavadeiras e 80% para os camiões.

Deve-se ter em conta o tempo em que as máquinas estão indisponíveis, tempos relativos a paragens técnicas programadas, manutenção preventiva e manutenção correctiva, etc. O tempo operacional (tempo em que as máquinas estão disponíveis) é a diferença num determinado período entre o tempo do regime de trabalho e o tempo inoperacional. A percentagem de tempo de utilização relativamente ao tempo operacional denomina-se coeficiente de utilização, que é determinado pela expressão seguinte:

$$C_u = (D/B) \times 100\%;$$

Onde:

C_u: coeficiente de utilização *D*:

Tempo de utilização.

Onde, $C_u = 0,80 \times 100\% = 80\%$

CAPÍTULO 4: DISCUSSÕES E RESULTADOS

CAPITULO 4. Discussões e Resultados: Proposta de dimensionamento dos equipamentos de carregamento e transporte de minérios

Este capítulo foi feito com base em dois casos:

No capítulo em curso, desenvolve-se:

I-Determinação dos parâmetros técnicos dos equipamentos de carregamento e transporte antes do dimensionamento

II- Determinação dos parâmetros técnicos dos equipamentos de carregamento e transporte após ao dimensionamento

III-Avaliação dos parâmetros antes e após o dimensionamento.

4.1 Análise dos parâmetros técnico dos equipamentos de carregamento e transporte de minérios com as características reais dos equipamentos usados na pedreira Geomineral

Uma vez realizada a caracterização do ponto de vista geológico e faremos a análise minério-técnico da pedreira Geomineral, procedeu-se ao cálculo dos principais índices técnicos-económicos da escavadeira e do camião que a pedreira utiliza, sendo utilizada a metodologia proposta por Pereda S. y Polanco R. (1999), cujo os passos são:

Passo nº 1: Análise dos parâmetros técnicos dos equipamentos de carga.

Nesta etapa teve-se em conta o seguinte:

- Factor de enchimento.
- Tempo de ciclo do equipamento de carga □ Produtividade teórica. □ Produtividade técnica
- Produtividade de exploração.
- Produtividade de exploração por turno.
- Quantidade de baldes da escavadeira necessária para carregar o camião.
- Quantidade de escavadoras necessárias para a produtividade anual da pedreira.

Passo nº 2: Análise dos parâmetros técnicos dos equipamentos de transporte nesta etapa teve-se em conta o seguinte:

- Cálculo do tempo de ciclo do camião
- Cálculo da quantidade de viagens do camião por turno
- Cálculo do volume da rocha que cabe num camião
- Cálculo da produtividade do camião por turno
- Cálculo da quantidade de camiões trabalhando num turno
- Cálculo da produtividade mensal dos camiões

4.2 Parâmetros técnicos dos equipamentos de carga

Estes cálculos foram feitos com base a situação real da pedreira Geomineral

a) Cálculo da produtividade teórica

$$Q_{teo} = \frac{3600V_b}{t_c}, \quad m^3/h$$

Onde:

t_c : Tempo de ciclo da retroescavadeira, s.

V_b : capacidade do balde da retroescavadeira, m^3 .

A capacidade do balde da retroescavadeira usado na pedreira geomineral é de $2,27 m^3$

O tempo de ciclo da retroescavadeira verificável na pedreira varia de 1 a 1,5min, logo

$t_c=60s$

$$Q_{teo} = \frac{3600 \times 2,27}{60}$$

Logo $Q_{teo}=136,20m^3/h$

b) Cálculo da produtividade técnica

$$Q_{tec} = \frac{Q_{teo} \times K_e}{F_e}$$

Onde:

K_e : Factor de enchimento da escavadora, segundo caterpillar 2012 para rochas duras e resistentes como é o caso da rocha gnaisse varia de 80 a 90% para este caso adoptou-se $K_e = 0.85$. e o factor de empolamento 1,5 ($F_e = 1,5$)

Dados

$$K_e = 0,85$$

$$F_e = 1,5$$

$$Q_{teo} = 136,20 \text{ m}^3/\text{h}$$

Resolução

$$Q_{tec} = \frac{136,20 \times 0,85}{1,5}$$

$$Q_{tec} = 77,18 \text{ m}^3/\text{h}$$

c) Cálculo da produtividade de exploração

$$Q_{exp} = Q_{tec} \times C_U$$

Onde:

C_U : Coeficiente de utilização; ($C_U = 0,90$)

Dados

$$Q_{tec} = 77,18 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$C_U = 0,90$$

Resolução

$$Q_{exp} = 77,18 \times 0,90$$

$$Q_{exp} = 69,46 \text{ m}^3/\text{h}$$

d) Cálculo da produtividade de exploração por turno

$$Q_{expT} = Q_{exp} \times T_t$$

Onde:

T_t : tempo de trabalho por turno (8 h)

Dados

$T_t = 8 \text{ h}$

$Q_{exp} = 69,46 \text{ m}^3/\text{h}$

$Q_{exp.T} = ?$

Resolução

$$Q_{expT} = 69,43 \times 8$$

$$Q_{expT} = 555,70 \text{ m}^3 / \text{turno}$$

e) Cálculo da Quantidade de escavadeiras necessária para a produtividade anual da Pedreira

$$N_{esc} = \frac{K_{ir} \times P_a}{N_t \times N_d \times Q_{expT}}$$

Onde:

K_{ir} : Coeficiente de irregularidade de trabalho; ($K_{ir} = 1,9$).

P_a : Produtividade anual prevista da pedreira;

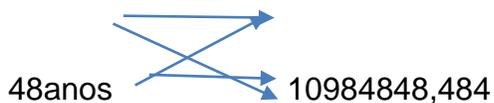
N_t : número de turnos de trabalho da escavadeira; ($N_t = 1$ turno) N_d : número de dias efectivos de trabalho por ano; ($N_d = \text{dias}$)

Cálculo da produtividade anual prevista:

A pedreira possui uma reserva estimada de 29000000 toneladas, o que equivale a $10984848,484 \text{ m}^3$

Com o tempo de vida útil de 48 anos.

1ano P_a



$$P_a = 228851,01008 \text{ m}^3/\text{ano}$$

N_{escv}

$$= \frac{1,9 \times 228851,01008}{1 \times 285 \times 555,70}$$

$$N_{escv} = 3$$

Obs: Com uma capacidade do balde da retroescavadeira de 2,27 metros cúbicos seriam necessários 3 retroescavadeiras para se atingir a produtividade anual prevista.

Parâmetros	Unidades	Valores
Produtividade teórica	m ³ / h	136,20
Produtividade técnica	m ³ /h	77,18
Produtividade de exploração	m ³ / h	69,46
Produtividade de exploração por turno	m ³ / turno	555,70
Número de escavadeiras		3

Tabela 5. Parâmetros técnicos do equipamento de carga da pedreira

Fonte: Autor

4.3 Parâmetros técnicos dos equipamentos de Transporte

a) Tempo de ciclo dos caminhões

O tempo de ciclo dos caminhões verificados na pedreira é aproximadamente 8min

b) Capacidade Volumétrica

A capacidade da caçamba do caminhão é de 13,26 m³

c) Cálculo da quantidade de viagens do caminhão por turno

$$N_v = \frac{Tt - (T_{op} + T_d)}{T_{cc}}$$

Onde:

T_t : duração do turno de trabalho, 480 min / turno

T_{op} : tempo de realização das operações preparatórias e finais (15-20 min)

T_d : tempo de descanso no turno de trabalho, min

O tempo de descanso e a soma de tempos relacionados com o pequeno almoço (10-15 min) e almoço (45-60 min).

$$N_v = \frac{480 - (20 + 75)}{8}$$

$$N_v = 48 \text{ m}^3/\text{turno}$$

d) Cálculo da produtividade do camião por turno

$$P_{cam} = V_r \times N_v; \text{ m}^3/\text{turno}$$

$$P_{cam} = 13,26 \times 48 = 636,48 \text{ m}^3/\text{turno}$$

e) Quantidade de camiões necessários para a produtividade anual da pedreira

Na pedreira geomíneral para o transporte de minérios da frente até a britadeira, trabalha-se com dois camiões

f) Cálculo da produtividade mensal dos camiões

$$P_{mes} = N_t \times P_{cm} \times N_d \times N_{cam}$$

Onde:

N_d : número de dias por mês (24-26 dias)

$$P_{mes} = 1 \times 636,48 \times 26 \times 2$$

$$P_{mes} = 33096,96 \text{ m}^3/\text{mês}$$

g) Tempo de espera dos camiões

O tempo de espera observado no processo de carregamento dos camiões varia de 1 a 3 minutos .

Parâmetro	Unidade	Valor
Tempo de ciclo	Min	8
Capacidade da caçamba	m ³	13,26
Número de viagens por turno	Viagem/turno	48
Produtividade do caminhão por turno	m ³ /turno	636,48
Quantidade de caminhões		2
Produtividade mensal	m ³ /mês	33096,96
Tempo de espera	Min	3

Tabela 6. Parâmetros técnicos mineiros dos equipamentos de transporte

Fonte: Autor

4.4 Processo de Compatibilização dos equipamentos de carregamento e transporte de minérios

Com estes equipamentos com estas características percebemos que ao longo do processo de lavra, existe uma demora excessivo no momento em que a retroescavadeira carrega os caminhões britadeira trabalha sem material, e para resolver este problema surge a necessidade de um dimensionamento adequado dos equipamentos mineiros nas operações de carregamento e transporte, uma vez o dimensionamento dos equipamentos consiste não só na seleção dos equipamentos como também na compatibilização dos mesmos.

Também serão analisados os parâmetros técnicos mineiros dos equipamentos de carregamentos e transporte, porém com melhor eficiência na determinação dos mesmos visando uma maior produtividade dos mesmos e maximizar a produção da pedra

4.4.1 Análise dos parâmetros técnicos dos equipamentos de carregamento

a) Cálculo da produtividade teórica

$$Q_{teo} = \frac{3600V_b}{t_c}, \quad m^3/h$$

Onde:

t_c : Tempo de ciclo da retroescavadeira, s.

V_b : capacidade volumétrica da retroescavadeira, m^3 .

Segundo Silva 2009, o número de passes do equipamento de carregamento para encher o equipamento de transporte. Considera-se que o número de 3 a 5 passes representa um bom equilíbrio. Um número menor seria preferível, para o nosso caso consideramos o número de baldes 3, considerando a capacidade da caçamba do caminhão que é de 13,26 m^3 , temos então a capacidade da caçamba da retroescavadeira de $V_b = 4,42 m^3$ e com um tempo de ciclo de 40 s, calcula-se a capacidade teórica, técnica e de exploração.

Dados

$$V_b = 4,42 m^3$$

$$t_c = 40 s$$

$$Q_{teo}=?$$

Resolução

$$Q_{teo} = \frac{3600 \times 4,42}{40}, \quad m^3/h$$

$$Q_{teo} = 397,80 m^3/h$$

b)-Cálculo da produtividade técnica

$$Q_{tec} = \frac{Q_{teo} \times K_e}{F_e}$$

Onde:

K_e : Factor de enchimento da escavadora, segundo caterpillar 2012 para rochas duras e resistentes como é o caso da rocha gnaisse o factor de enchimento varia de 80 a 90 %.
($K_e = 0.85$)

F_e : Coeficiente de empolamento da rocha ($F_e = 1,5$)

Dados

$$K_e = 0.85$$

$$F_e = 1,5$$

$$Q_{teo} = 397,80 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{tec} = ?$$

Resolução

$$Q_{tec} = \frac{397,80 \times 0.85}{1,5}$$

$$Q_{tec} = 225,42 \text{ m}^3/\text{h}$$

c) - Cálculo da produtividade de exploração

$$Q_{exp} = Q_{tec} \times C_U$$

Onde:

C_U : Coeficiente de utilização; ($C_U = 0.90$)

Dados

$$Q_{tec} = 225,42 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$C_U = 0.90$$

Resolução

$$Q_{exp} = Q_{tec} \times C_U$$

$$Q_{\text{exp}} = 225,42 \times 0,90 = 202,88 \text{ m}^3/\text{h}$$

c) **Cálculo da produtividade de exploração por turno**

$$Q_{\text{exp}T} = Q_{\text{exp}} \times T_t$$

Onde:

T_t : tempo de trabalho por turno (8 h/turno)

Dados

$T_t = 8$ h/turno

$Q_{\text{exp}} = 202,88 \text{ m}^3/\text{h}$

$Q_{\text{exp}.T} = ?$

Resolução

$$Q_{\text{exp}T} = 202,88 \times 8 = 1623,02 \text{ m}^3/\text{turno}$$

e) **Cálculo da quantidade de baldes da escavadeira necessário para carregar o camião**

Segundo Silva 2009, o número de baldes recomendável para encher a caçamba do camião varia de 3 a 5. Para este caso admite-se $N_b = 3$

f) **Cálculo da quantidade de escavadeiras necessária para a produtividade anual da Pedreira**

$$N_{\text{esc}} = \frac{K_{ir} \times P_a}{N_t \times N_d \times Q_{\text{exp}T}}$$

Onde:

K_{ir} : Coeficiente de irregularidade de trabalho; ($K_{ir} = 1,9$).

P_a : Produtividade anual prevista da pedreira;

N_t : número de turnos de trabalho da escavadeira; ($N_t = 1$ turno/dia)

N_d : número de dias efectivos de trabalho por ano; ($N_d = 285$ dias/ano) $P_a = 425469,4836 \text{ m}^3/\text{ano}$

N_{esc}

$$= \frac{1,9 \times 425469,4836}{1 \times 1623,02 \times 285}$$

$N_{esc} = 1$

Obs: Com uma capacidade da caçamba de 4,42 metros cúbicos, seriam necessários uma retroescavadeira para se atingir a produtividade anual prevista

Parâmetros	Unidades	Valor
Produtividade teórica	m ³ /h	397,80
Produtividade técnica	m ³ /h	225,42
Produtividade de exploração	m ³ /h	202,88
Produtividade de exploração por turno	m ³ /turno	1623,02
Número de escavadeiras		1

Tabela 7. Parâmetros técnicos dos equipamentos de carga após o dimensionamento

Fonte: Autor

4.4.2 Cálculos dos Parâmetros técnicos dos equipamentos de transporte da pedreira

Em cada frente de trabalho é importante que se conheça com boa aproximação o tempo de ciclo de cada unidade de transporte, as rampas máximas que estas são capazes de vencer e as pressões que executam contra o terreno quando carregadas. Quando há uma má distribuição dos caminhões, resultará em prejuízo da produção, pela paralisação de caminhões aguardando a descarga no britador primário. Quanto ao transporte do minério ou de estéril, as maiores produções são obtidas quando há uma perfeita sincronia entre a frota transportadora e os equipamentos de carga.

a) Cálculo do tempo de ciclo do camião

Ciclo é a variável mais administrável importante na determinação da capacidade de produção dos equipamentos de transporte. O tempo de ciclo dos camiões é formado pelos seguintes tempos elementares: $T_{cc} = T_{carg} + (T_v + T_c) + T_{md} + T_p$

Tempo de carga (T_{carg});

Tempo de viagem com carga (T_v);

Tempo de manobra e descarga (T_{md});

Tempo de retorno vazio (T_v);

Tempo de posicionamento para a carga (T_p).

Os tempos de carga, manobras, descarga e posicionamento são considerados tempos fixos, enquanto os de transporte vazio e carregado são considerados tempos variáveis, pois dependem das distâncias percorrida. O carregamento da unidade de transporte depende do equipamento de carga utilizado. Por exemplo, uma escavadeira muito pequena precisaria de um número elevado do balde para carregar o camião, prolongando assim o tempo de carga, o mesmo acontece no caso em questão. Determinou-se o tempo de carga dependendo do número de baldes da escavadeira necessário para encher o equipamento de transporte como mostra a expressão a seguir:

$$T_{carg} = \frac{Nb}{N_{cicl}}$$

$$N_{cicl} = \frac{60}{t_c}$$

Onde:

N_{cicl} : ciclos de escavadeira por minutos

$$N_{cicl} = \frac{60}{30} = 2$$

Logo o tempo de carregamento do camião será:

$$T_{carg} = \frac{3}{2} = 1,5min$$

As manobras e posicionamento do camião junto a escavadeira e no ponto da descarga dependem do espaço disponível no local. Frentes muito estreitas dificultam o posicionamento e aumentando assim o tempo necessário. ^[18] O tempo de posicionamento ou manobra do camião na área de posicionamento varia de 0,6 - 0,8 min. E os tempos de manobra e descarga em condições normais variam de 1.0 – 1.2 min. Para este caso, assume-se 0.6 min como o tempo de posicionamento e manobra do camião para a carga, e 1 min para tempos de manobras e descarga.

b) Viagem dos camiões com ou sem carga

Os tempos de viagem dos camiões dependem das velocidades dos camiões nos diversos trechos do percurso. Pois, residem as maiores chances de optimização, quer a nível do projecto das estradas e selecção dos equipamentos, quer a nível da administração de produção. As velocidades dos camiões dependem de: relação peso/potencia; rampas das estradas; resistência ao rolamento das estradas; largura das estradas; localização e raios das curvas; interferências, como cruzamentos; condições de visibilidade; qualidade da manutenção dos veículos; qualidade da manutenção das estradas. Para estimar o

tempo de viagem do camião com/sem carga é necessário fazer um acompanhamento dos diferentes ciclos do camião com um cronómetro e assim estimar um tempo de ciclo médio. O tempo de viagem com ou sem carga determina-se pela expressão a seguir:

$$T_c + T_v = \frac{60 \times L_v \times K}{V_v} + \frac{60 \times L_c \times K}{V_c}$$

Onde:

L_v e L_c : é a distância percorrida pelo camião, 363m (0,363Km)

V_c : velocidade média do camião com carga, varia de 19 a 25 Km/h

V_v : velocidade média do camião sem carga, 40 Km/h

$K= 1,1$: coeficiente de aceleração e desaceleração durante o movimento então tem-se:

$$T_c + T_v = \frac{60 \times 0,363 \times 1,1}{40} + \frac{60 \times 0,363 \times 1,1}{25} = 1,55min$$

Após a determinação dos elementos do tempo de ciclo de transporte, calculou-se então o tempo de ciclo do camião, com os somatórios de todos elementos.

$TCC = 0.6 + 1,55 + 1,5 + 1 = 4,65min$, vamos considerar, $TCC=5min$

b) Cálculo da quantidade de viagens do camião por turno

$$N_v = \frac{T_t - (T_{op} + T_d)}{T_{cc}}$$

Onde:

T_t : duração do turno de trabalho, 480 min / turno

T_{op} : tempo de realização das operações preparatórias e finais (15-20 min)

T_d : tempo de descanso no turno de trabalho, min

O tempo de descanso e a soma de tempos relacionados com o pequeno almoço (10-15 min) e almoço (45-60 min).

$$N_v = \frac{480 - (20 + 75)}{5} = 77 \text{ viagens/turno}$$

d) Cálculo da produtividade do camião por turno

$$P_{cam} = V_r \times N_v; \text{ m}^3/\text{turno}$$

$$P_{cam} = 13,26 \times 77 = 1021,02 \text{ m}^3/\text{turno}$$

e) Cálculo da quantidade de camiões necessários para a produtividade anual da pedra

$$N_v = \frac{Pa}{DM \times Cu \times DTA \times Pcm}$$

Onde:

Pa: Produção anual prevista

DTA: Dias de trabalho anual (285d)

Cu: Coeficiente de utilização dos camiões 0,88

DM: Disponibilidade mecânica

$$N_{cam} = \frac{228851,01008}{0,80 \times 0,80 \times 285 \times 1021,02}$$

$$N_{cam} = 2 \text{ camioes/ turno}$$

f) Cálculo da produtividade mensal dos camiões

$$P_{mes} = N_t \times Pcm \times N_d \times N_{cam}$$

N_d: número de dias por mês (24-26 dias)

$$P_{mes} = 1 \times 1021,02 \times 26 \times 2 = 53093,04 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Parâmetros	Unidades	Valor
Tempo de ciclo	Min	5
Quantidade de viagens por turno	Viagem/turno	77
Capacidade da caçamba	m ³	13,26
Produtividade do caminhão por turno	m ³ /turno	1021,02
Quantidade de caminhões		2
Produtividade mensal do caminhão	m ³ /mês	53093,04

Tabela 8 .Parâmetros técnicos dos equipamentos de transporte após o dimensionamento

Fonte: O autor

OBS: É notável ver que com uma retroescavadeira com caçamba de 4,42 m³ obtém-se maior produtividade conforme se pode verificar na tabela abaixo

ID	Parâmetros	TIPO DE ESCAVADEIRA	
		Retro Escavadeira com vb=4,42m ³	Retro Escavadeira com vb=2,27 m ³
1	Produtividade teórica da retroescavadeira , m ³ /h	397,80	136,20
2	Produtividade técnica da retroescavadeira, m ³ /h	225,42	77,18
3	Produtividade de exploração da retroescavadeira, m ³ /h	202,88	69,46
4	Produtividade de exploração da retroescavadeira por turno, m ³ /turno	1623,02	555,70
5	Produtividade do camião por turno m ³ /turno	1021,02	636,48
6	Produtividade mensal dos camiões, m ³ /mês	53093,04	33096,96
7	Quantidade de retroescavadeira necessária para atingir a produtividade anual prevista	1	3

Tabela 9. Comparação dos parâmetros técnicos das unidades de carregamento e transporte

Fonte: O autor

4.6 Avaliação do impacto ambiental

A avaliação dos aspectos e impactos ambientais gerados por determinada actividade é um instrumento da gestão ambiental.

Requalificação Ambiental

Transplante de espécies nativas, cortina verde e paisagismo nas áreas administrativas.

Redução da Poeira

Aspersores de água na Britagem.

Humidificação das vias internas de circulação.

Plano de Recuperação

Recuperação significa que o sítio degradado será retornado a uma forma de utilização de acordo com um plano preestabelecido para uso do solo. As medidas de recuperação podem assumir carácter de restauração ou de reabilitação.

A recuperação deve prever a minimização dos impactos sobre esses recursos durante a fase de exploração e buscar, ao término da extracção, a reabilitação do local.

Possibilidades de Reabilitação aterro

de inertes.

Uso colectivo para Lazer, Educação e Cultura Com a implementação da proposta de se usar uma retroescavadeira mais compatível com a unidade de transporte poderá se verificar a melhorias sob o aspecto ambiental, pois ao usar mais unidades de transporte o fluxo de poeiras seria maior, haveria maior libertação de dióxido de carbono pois a ventilação é natural, teríamos solos menos compactos, o que certa forma dificultaria o processo de transporte

4.6 Avaliação Económica do Processo de Dimensionamento dos Equipamentos de Carregamento e Transporte de Minérios

4.6.1 Custos dos Equipamentos

Os custos dos equipamentos são calculados, em função do (hora) de utilização do equipamento, pois permite a apropriação do tempo em que a máquina é usada nas

diferentes operações. Para se atingir o objectivo é necessário conhecer as diferentes despesas dos equipamentos e a sua operação.

A determinação do custo horário é uma das tarefas difíceis, pela diversidade de factores que nele incidem. Além disso as condições específicas do uso da máquina, provenientes de circunstâncias locais como topografia, tipo de solo, características específicas dos serviços, podem influir no aumento ou diminuição dos custos. A determinação dos custos só pode ser feita sob forma de estimativas baseadas em suposições que podem se aproximar ou fugir dos custos reais apropriados, dependendo dos parâmetros adoptados e da experiência do orçamentista. Os indicadores de produção estão entre os principais índices de controlo de um sistema de produção:

O factor de disponibilidade física: mede a percentagem de horas que a escavadeira estava disponível para operação, com relação às horas totais.

O factor de utilização: mede a percentagem das horas disponíveis as quais o equipamento fora utilizado.

O Rendimento: é a relação entre as horas efectivamente trabalhadas e as horas programadas,

Os custos que ocorrem na utilização de um equipamento são classificados em três (3) grupos, nomeadamente: Custo de propriedade, Custo de operacional; e Custo de manutenção.

4.6.2 Custo de propriedade

São despesas decorrentes do simples facto de possuir a máquina, ainda que ela não seja utilizada. São também chamados fixos porque são mais ou menos invariáveis, independente da actividade do equipamento.

O custo de propriedade varia para cada equipamento e depende não só do valor inicial da máquina, mas também do prazo em que se pretende reaver o valor investido. O custo de propriedade é determinado pelas fórmulas:

$$C_p = D_h + J_h; \$/h$$

Onde:

C_p : Custo de propriedade; (\$/h)

D_h : Depreciação horária; (\$/h)

J_h : Juro horário; (\$/h)

Os equipamentos de transporte perdem o seu valor no decorrer do tempo. Contudo, o valor do equipamento começa a se desvalorizar desde o momento que é entregue ao comprador, essa diminuição do valor provém da acção da idade, do tempo de uso, e do desgaste físico. Essa diminuição de valor é denominada depreciação. A depreciação é vista como uma das parcelas dos custos ou como a remuneração de vida para a formação de um fundo destinado a substituição oportuna da máquina irrecuperável, e pode ser dada pela expressão:

$$D_h = (V_i - V_{res}) / N_{util}$$

Onde:

D_h : é a depreciação horária

V_i : o valor inicial, valor constituído pela soma de todas despesas concernentes a aquisição da máquina.

V_{res} : é o valor residual, valor que a máquina possui depois de ter sido utilizada até ao fim da vida útil, normalmente 10 a 20%.

4.6.3 Custos operacional

São custos que ocorrem, quando o equipamento é operado para realizar algum trabalho e guardam certa proporcionalidade com as horas do uso do equipamento. Por esta razão são também denominadas de custos variáveis. As principais despesas operacionais são: consumo de combustível, consumo de lubrificantes e filtros, pneus, operador, manutenção

a) Custo do consumo de combustível

Devido ao alto custo dos combustíveis, motivado também pela sua transportação via terrestre, este é um dos parâmetros que mais oneram o custo de utilização de um equipamento.

O consumo de combustível pode ser avaliado com precisão no campo. Contudo, se não existir essa oportunidade o consumo pode ser previsto desde que a aplicação da máquina seja conhecida. A aplicação determina o factor de carga do motor que por sua vez, controla o consumo de combustível do motor. Um motor que desenvolva potência nominal total, em regime contínuo, estará operando sob um factor de carga de 1.0. Trabalhando em condições ideais, um motor de combustão interna a gasolina consome em média 0,23 litros por horse-power-hora (HP*h) desenvolvido.

Mas para um motor a diesel, o consumo é aproximadamente 0,15 litros por HP*h desenvolvido. Sabendo que todo equipamento tem uma utilização descontínua é necessário aplicar um factor de potência (**f**) sobre a potência nominal do equipamento, e este factor varia para situações de uso baixo (40%), médio (55%) e alto (75%).

O consumo de combustível depende em grande parte da potência do motor e das condições de uso.

$$C_c = 0.15 * f * HP$$

Onde:

C_c : consumo de combustível, (l/h)

f : factor de potência

HP : potência do motor, (Kw)

Para as máquinas caterpillar existem tabelas que fornecem os índices de consumo de combustível sob diferentes factores de carga, ver tabela em anexo. Ao usar as tabelas do consumo horário de combustível é necessário não esquecer as numerosas variáveis que podem afectar o consumo de combustível. Dois operadores com diferentes temperamentos ou atitudes, trabalhando em máquinas idênticas, lado a lado, com o

mesmo material, podem produzir diferenças atemos 10%-12% no respectivo consumo de combustível

b) Custos de lubrificantes e filtro

Os lubrificantes utilizados são: óleo do cárter, de transmissão, do comando final e do sistema hidráulico.

$$Q = \frac{H*0.6*\frac{0.0027kg}{HP*h}}{0.893kg/l} + \frac{c}{t}$$

Onde:

Q: consumo (l/h)

HP: potência do motor (HP)

C: capacidade do cárter (l)

T: intervalo de trocas (h)

Para os demais lubrificantes – transmissão, comando final e sistema hidráulico – a regra é adicionar 50% ao custo obtido acima.

c) Custo da mão-de-obra

A determinação dos custos da mão-de-obra do operador depende do número de caminhões a serem usados e também da oferta salarial de cada operador. O custo da mão-de-obra de operação corresponde aos custos do operador por hora de trabalho

d) Custos com os pneus

Os custos dos pneus representam uma parte importante do custo horário dos caminhões. E estes custos são avaliados através da estimativa da vida útil, baseado na experiência e com os preços que o proprietário paga pela reposição. No caso de não haver experiência com os pneus usa-se as curvas de cálculo da vida útil dos pneus. Nestas curvas existem três zonas de aplicação que são:

Zona A: geralmente todos os pneus apresentam desgaste em quase toda a banda de rodagem devido a abrasão.

Zona B: desgaste normal de alguns pneus, enquanto outra falha prematuramente devido a cortes e gastos causados por pedras e perfurações irreparáveis.

Zona C: poucos pneus com desgaste total da banda de rodagem, antes que os danos irreparáveis, causados pelos cortes, impactos e sobrecarga continua.

4.6.4 Custos com a manutenção

A manutenção pode ser definida como a técnica de conservar os equipamentos e componentes em serviço durante o maior prazo possível e máximo rendimento.

De um modo geral a manutenção tem como objectivo: Manter equipamentos e máquinas em condições de pleno funcionamento para garantir a produção normal, qualidade do equipamento prevenindo assim as falhas ou quebras dos elementos das máquinas e prevenir os acidentes. A busca pela qualidade do processo e do produto passa pela qualidade da manutenção.

A manutenção é feita em três formas, nomeadamente: manutenção correctiva (aquela que mantém em operação o equipamento), manutenção preventiva (apoia a preventiva, responsável pela intervenção que poderá interromper ou não a produção da maneira programada) e a manutenção preditiva (acompanha os parâmetros de funcionamento e prever suas falhas, para intervenção no momento adequado).

Quanto aos custos de manutenção preventiva o manual de produção Caterpillar 39 recomenda que os mesmos sejam feitos pelo revendedor através de informações fornecidas pelo cliente referente a sua aplicação. A manutenção é uma despesa operacional, que ocorre directamente em razão da utilização do equipamento, aquisição de peças de reposição e a mão-de-obra envolvida na troca das peças, etc. Os custos da manutenção crescem segundo uma linha ascendente, enquanto a máquina é nova os defeitos mecânicos são muito pequenos, com o decorrer do tempo há um aumento de incidência de reparos mecânicos

CONCLUSÕES:

- Após diversas análises e estudos feitos na pedreira Geomineral, bem como no desenvolvimento do trabalho, chegou-se à conclusão de que para se evitar o tempo excessivo de carregamento dos equipamentos de transporte (camiões) pela retroescavadeira, é necessária uma melhor compatibilização destes equipamentos.
- Pode-se se comprovar com o estudo realizado que com uma retroescavadeira de capacidade volumétrica de 4,42 m³ em relação a uma com 2,27 m³ de capacidade, o parâmetro técnico satisfaz a produtividade desejada.
- Calculando os principais índices técnicos dos equipamentos de carregamento e transporte da rocha gnaisse da frente de trabalho até a central de tratamento com aplicação da metodologia proposta por Pereda S. y Polanco R. [1999], verificou-se ou provou-se que ao invés de se aumentar o número de camiões e de retroescavadeiras que dificultaria o fluxo dos camiões causando congestionamento nas vias e longas filas de espera pois a distância da frente de desmonte até a britadeira é de 363m ,optou-se por obter uma retroescavadeira mais compactivel com o camião, tendo-se registado aumento nos índices de produtividade dos mesmos equipamentos.
- O conjunto de medidas propostas permitem aumentar a produtividade e eficiência dos equipamentos mineiros da pedreira Geomineral, pois tem em conta os parâmetros técnicos-mineiros reais dos equipamentos de carga e transporte

RECOMENDAÇÕES

1-A pedreira Geomineral Angola para comaltar o problema da demora excessiva do tempo de carregamento dos equipamentos de transporte e conseqüentemente o tempo de espera excessivo na alimentação da britadeira primária, terá que optar por uma retroescavadeira com um balde compatível com a capacidade da caçamba do camião, isto é volume do balde da retroescavadeira de 4,42 metros cúbicos e capacidade volumétrica do camião de 13,26 metros cúbicos

2-As empresas mineiras devem executar de forma eficiente o processo de dimensionamento dos equipamentos mineiros (selecção e compatibilização), pois este contribui para um bom planeamento de lavra e deve ser feito segundo uma estratégia previamente estabelecida ,apesar do facto de cada mina tem a sua especificidade tecnológica, devem as empresas pesquisas tecnológicas e científicas para pelo menos possibilitar a adaptação de processos existentes com as características morfológicas e de mineralização de cada mina.

3-Propor aos futuros finalistas a continuação deste trabalho nomeadamente a Avaliação económica do processo de dimensionamento dos equipamentos de carregamento e transporte de minérios

4-Propor ao departamento de minas da faculdade de engenharia de minas a se ampliar as visitas de campo as minas ou pedreiras com o intuito dos estudantes melhor compreenderem os processos envolvidos nesta rica e preciosa arte da engenharia mineira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Abram, Isaac; Rocha. Manual Prático de Terraplenagem. Salvador, Bahia [2000];
- [2] Apostila do Prof. Luiz Cezar Duarte Pacheco, [2005];
- [3] Apostila do Prof. Gil Carvalho Paulo de Almeida [2006];
- [4] Caterpillar – Manual de produção Caterpillar; 22ª edição; outubro [1991]
- [5] Chaves, C. R. – Terraplenagem mecanizada; Editora Rodovia [1990];
- [6] Caterpillar – Princípios básicos de terraplenagem; Edição maio de [1977]
- [7] Diretrizes de Implementação: Delivery / Worker / Constellation, Edição Março de 2013
- [8] Euclids – Cálculos para avaliar produção e custos [2000];
- [9] Guimarães, N. Equipamentos de construção e conservação; Livro texto [1992];
- [10] Herbert, J.H.: Métodos de minería a cielo abierto, edición actualizada y revisada para el curso académico, Octubre / 2006.
- [11] Junior, Ivan S. Miranda: Diretrizes fundamentais para um estudo de avaliação económica de empreendimentos de mineração: um estudo bibliográfico, Dezembro de 2011.
- [12] Manual de Caterpillar: Guía de Selección de Maquinaria CAT
- [13] Manual Prático de Escavação [2007];
- [14] Manual de Produção da Caterpillar [1995]. Edição 26;
- [15] Pereira, A. L. – Equipamentos de compactação [2000];
- [14] Ricardo, Hélio de Souza e Catalani, Guilherme [2006];

- [16] Senço, Wlastermiler. Terraplenagem. Universidade de São Paulo [2004];
- [17] Texaco do Brasil S. A. – Fundamentos de lubrificação [1991];
- [18] Tema Terra maquinaria S. A. Equipamentos de compactação - Selecção e Aplicação [1998];
- [19] Tema Terra maquinaria S. A. Equipamentos de compactação - Selecção e Aplicação [1998]
- ;[20] Terraplenagem e Escavação de Rocha. 3ªed. Editora PINI [2007];