



UNIVERSIDADE AGOSTINHO NETO
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE MINAS



DETERMINAÇÃO DA VIDA ÚTIL DA MINA CONSIDERANDO O VALOR
PRESENTE LÍQUIDO (PROJECTO LUAXE)

Autor: Miope Ernesto

Estudante Nº 108887

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

LUANDA 2020

UNIVERSIDADE AGOSTINHO NETO
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE MINAS

DETERMINAÇÃO DA VIDA ÚTIL DA MINA CONSIDERANDO O VALOR
PRESENTE LÍQUIDO (PROJECTO LUAXE)

Autor: Miope Ernesto

Estudante Nº 108887

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Minas, da Faculdade de Engenharia da Universidade Agostinho Neto, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia de Minas.

Orientador: Prof. MSc. João Cláudio Cabeia.

LUANDA 2020

SUMÁRIO	
DEDICATÓRIA	I
AGRADECIMENTO	II
LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS	III
RESUMO	IV
ABSTRACT	V
1. CAPÍTULO I – GENERALIDADES	1
1.1. INTRODUÇÃO	1
1.2. Justificativa	3
1.3. Problemática	3
1.4. Objecto	4
1.5. Oobjectivos do trabalho	4
1.6. Formulação das hipóteses	4
1.7. Relevância	5
1.8. Metodologia de investigação	5
1.9. Limitação do estudo	5
2. CAPÍTULO II – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
2.1. Prospecção	6
2.2. Exploração	6
2.3. Desenvolvimento	7
2.4. Lavra	7
2.5. Encerramento da Mina olhando para os aspetos ambientais	8
2.6. Estimativa do Corpo de Minério	8
2.7. Taxa de Produção do Minério	9
2.8. Etapas de um projecto	9
2.9. Escala de Produção	13
3. CAPÍTULO III-A REGRA DE TAYLOR (TAYLOR, 1977)	14
4. CAPÍTULO IV - ESTUDOS E REVISÕES EFEITUADOS NA REGRA DE TAYLOR	19
5. CAPÍTULO V - VALOR ACTUAL LÍQUIDO (VAL) OU VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)	25
5.1. Considerações sobre o valor presente líquido e critérios de aceitação	26
5.2. Fluxos de caixa anuais iguais	27
5.3. Taxa Interna de Retorno (TIR)	28

5.4. Critérios de aceitação da taxa interna de retorno	29
5.5. Análise de Sensibilidade	29
5.6. Análise de Cenários.	30
6. CAPÍTULO VI -ANÁLISE DE ESTUDO RESULTADO E DISCUÇÕES	32
6.1. Localização geográfica da área	32
6.2. Clima, Fauna e Flora da Região.....	33
6.3. Hidrografia da Região.....	35
6.4. Caracterização Geológica da Região	35
6.5. Geologia e Topografia do Jazigo	37
6.6. Cálculos do projecto Luaxe	40
6.7. Cálculo da vida útil da mina ou vida produtiva da mina	42
6.8. Cálculo do ritmo de produção (Mt/anos).....	43
6.9. Cálculo do ritmo de produção (t/dia).....	43
6.10. Determinação Valor Presente Líquido (VPL) ou Valor Actual Líquido VAL (Luaxe) ...	44
6.11. Determinação dos Custos anuais	45
6.12. Fluxo de Caixa.....	45
6.13. Análise de Sensibilidade.....	46
6.14. Cálculo para análise de Sensibilidade unidimensional	47
7. CAPÍTULO VII- CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	49
7.1 CONCLUSÃO	49
7.2. RECOMENDAÇÕES	50
7.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXOS (A).....	53
APÊNDICE.....	54

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha amada avó Teresa Samuaco (em memória).

Minha querida mãe Ana Teresa por tudo quanto tem feito para minha prosperidade, pelo carinho que tem me dado.

Aos meus irmãos: Santos Ernesto Muiope, Bernado Muiope, Nelson Muiope, Marta Muiope, Flávia Muiope, Angelina Muiope, Nair Muiope.

AGRADECIMENTO

Um agradecimento especial a DEUS por tudo, aos meus Pais Ana Teresa Viaje e Ernesto Muiope que tanto torceram para que o curso tornasse uma realidade.

A toda minha família pelo apoio moral e incondicional, meus profundos agradecimentos. Ao orientador Prof. MSc. João Cláudio Cabeia, pelas suas críticas sugestivas e pela paciência na realização deste trabalho, minha grande gratidão.

A todos professores do curso de Engenharia de Minas da Universidade Agostinho Neto, um sincero agradecimento pelo seu ensinamento e contributo.

O meu sincero agradecimento vai também para todos os colegas da Faculdade de Engenharia (Curso Engenharia de minas).

Agradeço aos meus irmãos, Santos Ernesto e Flávia Ernesto e a minha cunhada Valénia alfredo, por toda ajuda e companheirismo.

Ao Engenheiro Eduardo Dicus que deu o seu apoio para melhoria desta Projecto, sua disponibilidade.

Aos trabalhadores da biblioteca da Faculdade de Engenharia, que disponibilizaram livros com informações precisas para a feitura deste trabalho, o meu muito obrigado.

Agradecer o Instituto de Gestão de Bolsas de estudo Interna (INAGBE) por disponibilizar e financiar a bolsa de estudo.

A todos que com boa intenção, colaboraram de forma direita e indiretamente para a realização deste trabalho, meus profundos agradecimentos.

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

C = Capacidade de produção (toneladas por dia)

Cst = Capacidade de produção (toneladas curtas por dia)

Dwy = Dias trabalhados por ano

L = Vida útil da mina (anos)

m² = Metro quadrado

m³ = Metro cúbico

Mt = Megatonelada

T = Massa do minério (toneladas)

Tst = Massa do minério (toneladas curtas)

TMt = Massa do minério (milhões de toneladas)

t = Tonelada

t/dia = Tonelada por dia

VAL = Valor Atual Líquido

VPL = Valor Presente Líquido

TIR = Taxa Interna de Retorno ou Taxa Interna de Rentabilidade

RESUMO

O presente trabalho mostra-nos como selecionar a taxa de produção e, conseqüentemente, a vida útil do depósito é uma decisão crucial no desenvolvimento de um projecto de mineração. Esse factor determina os custos de produção, investimento e operação, que, por sua vez, determinam o valor econômico e a viabilidade do projecto.

Normalmente, para cada projecto em particular, é buscada a vida útil que otimiza o resultado econômico. Este trabalho procura buscar tendências gerais através de uma análise teórica geral, em comparação com outras fórmulas empíricas desenvolvidas por vários autores.

O estudo desenvolve a parametrização do Valor Presente Líquido de um depósito de diamante a ser explorado a céu aberto em função de sua vida útil. A partir desta fórmula, é feita uma tentativa de obter uma expressão para a vida útil que otimiza o Valor Presente Líquido com base nos parâmetros econômicos mais importantes. As expressões são bastante complexas, portanto, as aproximações devem ser usadas, com sucesso variável. Finalmente, os resultados são comparados a um caso real.

Tendo em vista um mercado de commodities minerais, globalizado e competitivo, um estudo de avaliação econômica de empreendimentos de mineração deve ser conduzido criteriosamente, garantindo aos investidores, aplicação mais confiável e rentável para uma alternativa de investimento escolhida. Mediante técnicas de avaliação econômica

ou indicadores econômicos é possível avaliar a rentabilidade de um investimento. Trata-se de um estudo dinâmico, visto que as variáveis de um projeto se modificam continuamente. Diante de recursos limitados, deve-se escolher a alternativa que forneça a melhor remuneração para o capital aplicado, porque há sempre um custo de oportunidade associado a cada oportunidade de investimento. Este projeto de pesquisa – através de uma revisão bibliográfica – objetiva estabelecer as diretrizes fundamentais para um estudo de avaliação econômica de empreendimentos de mineração, relatando os elementos necessários para o cálculo dos indicadores econômicos, bem como aspectos gerais de análise de sensibilidade, que são relevantes no processo decisório concernente a projetos de investimento de capital. Além disso, apresenta uma visão geral das características singulares da indústria da mineração.

O desenvolvimento de um projeto mineiro exige, normalmente, somas elevadas de capital. Deste modo, para a análise de uma alternativa de investimento, considerando um ambiente de incertezas, técnicas apropriadas devem ser utilizadas para a mensuração do valor de um ativo mineral, bem como a medida da eficiência do uso do capital.

Palavras-chave: Regra de Taylor; Taxa de produção; Vida útil; Val.

ABSTRACT

The present work shows us how to select the production rate and, consequently, the useful life of the deposit is a crucial decision in the development of a mining project. This factor determines the costs of production, investment and operation, which, in turn, determine the economic value and viability of the project.

Usually, for each project in particular, the useful life that optimizes the economic result is sought. This work seeks to search for general trends through a general theoretical analysis, in comparison with other empirical formulas developed by several authors.

The study develops the parameterization of the Net Present Value of a diamond deposit to be explored in the open sky according to its useful life. From this formula, an attempt is made to obtain an expression for the useful life that optimizes the Net Present Value based on the most important economic parameters. Expressions are quite complex, so approximations must be used, with varying success. Finally, the results are compared to a real case.

In view of a globalized and competitive mineral commodity market, an economic valuation study of mining ventures should be conducted judiciously, ensuring investors more reliable and profitable application for a chosen investment alternative. Through economic evaluation techniques economic indicators it is possible to assess the profitability of an investment. This is a dynamic study, since the variables of a project change continuously. In view of limited resources, one should choose the alternative that provides the best remuneration for the capital invested, because there is always an opportunity cost associated with each investment opportunity. This research project - through a literature review - aims to establish the fundamental guidelines for an economic evaluation study of mining enterprises, reporting the elements necessary for the calculation of economic indicators, as well as general aspects of sensitivity analysis, which are relevant in the decision-making process concerning capital investment projects. In addition, it provides an overview of the unique characteristics of the mining industry.

The development of a mining project usually requires high sums of capital. Thus, for the analysis of an investment alternative, considering an environment of uncertainties, appropriate techniques should be used to measure the value of a mineral asset, as well as to measure the efficiency of capital use

Keywords: Taylor's rule; Production rate; Lifespan; Val.

1. CAPÍTULO I – GENERALIDADES

1.1. INTRODUÇÃO

A mineração é uma actividade de relevância ímpar para o desenvolvimento económico e social de muitas cidades e regiões em Angola e no mundo. A aplicação dos minerais exerce fundamental importância sobre os bens de consumo duráveis e no desenvolvimento de tecnologia, proporcionando uma melhor qualidade de vida. No entanto, os recursos minerais são finitos e não renováveis.

De acordo com Costa (1979) o principal objetivo da indústria mineral é a maximização do valor líquido actual dos benefícios monetários futuros, ao longo de toda a vida da mina. Um planeamento inadequado da lavra pode gerar problemas graves, como o empobrecimento da massa de material que será explorada no futuro ou a exaustão prematura dos recursos, como consequência de uma lavra predatória, que ataca as partes mais ricas do depósito, sem remover um volume significativo de material considerado estéril e sem liberar o minério restante para os anos seguintes.

Uma análise de projecto envolve, geralmente, três estágios (LEE, 1984), que são o estudo conceitual, o estudo preliminar (ou pré-viabilidade) e o estudo de viabilidade técnica e económica. No primeiro, as ideias iniciais de um projeto serão esboçadas; no segundo, será determinado se o projecto apresenta atratividade suficiente para justificar um maior investimento; por fim, o terceiro fornecerá as bases técnicas e considerações de diversas naturezas, tais como ambientais, legais e comerciais, fornecendo subsídios para a tomada de decisão de investir ou não o projecto. Para a conclusão dos estudos de pré-viabilidade e de viabilidade é necessário definir um calendário de produção, embora a maior parte das informações acerca da lavra ainda sejam conjecturas nesta fase, tornando difícil definir a taxa de produção adequada para que o máximo de lucro seja obtido.

Diversos autores buscaram soluções para esta lacuna, embora o mais utilizado seja ainda o pioneiro H. K. Taylor, cuja equação desenvolvida em 1977 (TAYLOR, 1977) é largamente utilizada até a presente data.

Vários estudos foram desenvolvidos tencionando um melhor ajuste desta equação à realidade, visto que o autor utilizou somente 30 minas para construir o seu modelo. Em função da generalidade e simplicidade da equação, elaborada para atender projectos em fases iniciais, em

diversos casos ela não apresenta a aderência necessária aos projectos em operação, já que ela não prevê particularidades inerentes a cada caso.

As características geomorfológicas do depósito são fundamentais na projeção da taxa de produção e vida útil do empreendimento. Além da seleção do método de lavra ser diretamente influenciada por estas características, a geometria, a extensão lateral e em profundidade e o condicionamento topo geológico influem diretamente no espaço disponível para incrementar a capacidade produtiva da mina. Lavras em subsolo, por exemplo, geralmente possuem capacidade produtiva bem inferiores às operações a céu aberto.

Caso a massa de minério contida em uma determinada jazida seja muito elevada, a equação pode apontar para uma taxa de produção elevada e inadequada ao porte de empresa, principalmente no início do empreendimento. Além destes e de outros factores restritivos, cada modificação elaborada na regra de Taylor (TAYLOR, 1977) ao longo das décadas apresenta determinada confiabilidade e aderência para aplicações em casos semelhantes aos estudados por cada autor em cada contexto, de modo que uma mina com características distintas destas provavelmente não apresentará resultados consistentes para o uso destas metodologias.

Não existe até então registros de estudos efetuados em Angola acerca da aplicação e da precisão da regra de Taylor na estimativa da vida útil e da taxa de produção das minas angolanas em operação, verificaram que as equações existentes apresentam aderência adequada. Além da verificação, outros autores propuseram novos conjuntos de equações para dados segmentados por substância mineral, método de lavra e/ou porte do empreendimento.

O planeamento de lavra pode ser dividido em curto, médio e longo prazo, visando, de forma generalizada, o aproveitamento racional da jazida, de modo a prevenir e minimizar os possíveis problemas futuros. problema da vida útil dessas minas, quando comparada com os destinados para produção de recursos e para captação de outros componentes para tratamento e distribuição, possui um período de funcionamento.

A seleção da taxa de produção e, conseqüentemente, a vida útil do depósito é uma decisão crucial no desenvolvimento de um projeto de mineração. Esse factor determina os custos de produção, investimento e operação, que, por sua vez, determinam o valor econômico e a viabilidade do projecto. Normalmente, para cada projecto em particular, é buscada a vida útil que otimiza o resultado econômico. Este trabalho procura buscar tendências gerais através de uma análise

teórica geral, em comparação com outras fórmulas empíricas desenvolvidas por vários autores. O estudo desenvolve a parametrização do Valor Presente Líquido de um depósito de Diamante a ser explorado em uma mina a céu aberto em função de sua vida útil.

1.2. Justificativa

Para Peroni (2002) o propósito de um planejamento de lavra tem sido prover subsídio para o engenheiro de minas decidir sobre a capacidade de lavrar determinadas unidades do depósito mineral a partir de teores estimados.

Já de acordo com Carmo (2001), durante a exploração a céu aberto, o terreno é escavado continuamente, até que o limite inferior da cava final seja atingido. O contorno final da cava da mina é determinado antes do início da operação, ou seja, na fase de projeto e os limites finais da cava definem o tamanho e a forma de uma mina a céu aberto no final de sua vida útil, buscando a maximização do lucro.

Pequenas variações nos parâmetros geométricos da cava podem alterar significativamente a massa de minério e estéril contida na cava final e, conseqüentemente, a relação estéril-minério. Desse modo, uma cava corretamente determinada permite o melhor aproveitamento do corpo de minério, aumentando a vida útil da mina e reduzindo o volume de estéril a ser removido, que deve ser o menor possível, uma vez que não representa uma forma de retorno financeiro à empresa.

A escolha do tema surgiu pelo valor que Angola possui sendo um país rico em recursos minerais a necessidade dos angolanos saberem fazer planejamento de projectos de mineração com isto teremos um índice maior de empregabilidade.

O cálculo da vida útil da mina vem sendo um grande obstáculo para que as organizações alcancem seus objetivos e metas.

O estudo deste tema além da importância que possui, busca fazer um levantamento teórico sobre determinação da vida útil de uma mina considerando o valor presente líquido.

Através deste irá contribuir na existência de mais minas e uma prática eficaz para que as organizações alcancem seus objetivos.

1.3. Problemática

Determinar com precisão a vida útil da mina é um desafio para os engenheiros de planeamento e processo. Nas operações da mina a determinação dessa vida é fundamental para viabilizar ou não uma mina.

Falta de uma organização que faça determinação a vida útil da mina considerando o valor presente líquido.

Sendo as minas umas das fontes de crescimento da economia de um País, gerando a produção de minerais, a necessidade da criação de uma organização responsável na determinação da vida útil da mina, para atender as necessidades operacionais, ou actividade produtiva, visto que a mineração tem uma grande influência no crescimento do PIB, grandes investimentos podem ser perdidos se desconhecermos o tempo ideal de um projecto mineiro, custos elevados nas contratações de entidades que determinam a vida útil das minas.

1.4. Objecto

Projecto Luaxe

1.5. Oobjectivos do trabalho

Ojectivo Geral

Revisar a aplicabilidade da regra de Taylor (TAYLOR, 1977) e das outras equações elaboradas no intuito de encontrar a vida útil e a taxa de produção de empreendimentos mineiros em fase inicial de projeto.

Objectvos específicos

Comparar os resultados do estudo teórico da vida útil da mina em exploração com um caso na prática.

Identificar os requisitos necessários (características físico-químicas) dos campos mineiros.

Determinar o ritmo de produção nas reservas.

Elaborar um projecto responsável pela determinação da vida útil da mina.

Determinar o valor presente líquido.

Finalizar a sua posterior utilização para determinação de novos projecto.

1.6. Formulação das hipóteses

Uma vez não existindo instituições que tratam sobre os cálculos da vida útil das minas em Angola, surgiu a ideia da Criação de um projeto responsável pela determinação da vida útil das minas.

Mostrar como determinar a vida útil da mina considerando o valor presente líquido.

Criação de uma organização responsável pela determinação da vida útil da mina evitando grandes custos que normalmente o país têm enfrentado nas contratações de instituições para determinar a vida da mina.

1.7. Relevância

A relevância deste estudo está relacionada ao cálculo da vida útil da mina principalmente com o maior conhecimento da tecnologia de usos de software que determinam a vida útil da mina, uma vez que a existência de mineral é diretamente influenciável na economia e no tamanho das partículas tratadas. Esse estudo quantifica e qualifica a eficiência no cálculo da vida útil das minas onde são feitas operações de classificação dos minerais, possibilitando uma exploração segura e principalmente no processo e suas tecnologias, propiciando um melhor aproveitamento das reservas minerais e qualidade dos produtos.

1.8. Metodologia de investigação

Decidiu-se estruturar o trabalho em duas subestruturas específicas, correspondentes a uma análise teórica e uma análise prática, visando nos objetivos.

Pesquisa Bibliográfica (Publicações, trabalhos de fins de curso na área engenharia de minas).

Pesquisas diversas na internet.

Entrevistas a:

Engenheiros e geólogos.

1.9. Limitação do estudo

O presente trabalho delimitou os seus estudos apenas nas regiões do Luaxe (Lunda Sul).

Dificuldade em aceder a certos dados das minas devido ao carácter confidencial do sector.

Dificuldade em visitar projectos mineiros.

2. CAPÍTULO II – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo aborda em síntese bibliográfica os principais aspectos mencionados neste projecto, sendo resumidamente, os seguintes: Vida útil do projeto de mineração: é o cálculo realizado com base nas reservas comprovadas, provadas mais prováveis, certificadas por uma pessoa competente em recursos e reservas de mineração, de acordo com o disposto na lei nº 20.235 código mineiro do Chile, em relação aos níveis anuais extração mineral. Garantias: quantia em dinheiro ou quantia representativa do custo do plano de fechamento que será garantido, o período pelo qual essa garantia será concedida, de acordo com a vida útil do projeto, e os instrumentos que serão utilizados.

Na definição de REVUELTA e JIMENO (2000), o Valor Atual Líquido (VAL) do projeto é a soma dos benefícios menos os custos nos anos 0 a n , ajustados ao presente com uma determinada taxa de desconto i , que ajusta o fluxo de caixa anual ao valor temporal do dinheiro.

O teor de corte é um dos parâmetros técnicos e econômicos que mais afetam a economia de uma empresa de mineração segundo Krzanovic (2015).

2.1. Prospecção

A prospecção corresponde à fase de procura de anomalias que possam indicar a presença de um depósito mineral, que é uma concentração anômala de um bem mineral metálico, ou não-metálico, na superfície ou no interior da Terra e, possivelmente, uma jazida, quando estudos apontam que esse depósito possui valor econômico.

2.2. Exploração

A fase de exploração consiste na aplicação sistemática dos trabalhos necessários ao conhecimento geológico detalhado das ocorrências minerais descobertas, levando a definição e avaliação do depósito.

Geralmente, o desenvolvimento da fase de exploração ocorre da seguinte forma. Primeiramente, a área favorável a presença de um depósito mineral, que foi identificada pela prospecção, é delimitada. Uma vez localizado, o depósito mineral é parcialmente amostrado, sendo as amostras recolhidas analisadas.

Então os dados da amostragem são utilizados para preparar uma estimativa de massa e teor do minério, possibilitando o cálculo do valor de parte do depósito, levando em conta a viabilidade econômica.

2.3. Desenvolvimento

A fase de desenvolvimento, por sua vez, engloba todos os trabalhos preparatórios necessários para o aproveitamento da jazida mineral de forma eficiente e segura, como vias de acesso e transporte, sistemas de drenagem, supressão da vegetação e marcações topográficas.

Maia (1980) definiu as operações de desenvolvimento como propriamente uma preparação para a lavra, realizadas em um corpo cuja utilização econômica já foi comprovada, podendo ser agrupadas em:

- a) a céu aberto ou subterrânea;
- b) prévias ou simultâneas com a lavra;
- c) sistemáticas ou supletivas;
- d) produtivas ou obras mortas;
- e) puras ou exploratórias;

O desenvolvimento sistemático, executado em coordenação com o método de lavra escolhido e com a produção diária visada, deve prover o acesso aos vários horizontes da jazida, além de dividir o corpo em convenientes unidades de desmonte e prover aberturas para a execução de manobras e instalações, de modo a possibilitar uma lavra econômica e segura.

2.4. Lavra

Enquanto a lavra, ou exploração, representa o conjunto de operações que possibilitam o aproveitamento econômico desejável do minério, de forma segura e ambientalmente sustentável. A mina corresponde a jazida em lavra, ainda que operações estejam paralisadas ou temporariamente interrompidas. São também consideradas partes integrantes da mina toda a infraestrutura de apoio da produção, como edificações, máquinas e insumos em geral. Geralmente, o ciclo operacional para rochas resistentes é composto pelas etapas de perfuração, desmonte, carregamento e transporte, e para rochas friáveis pelas etapas de carregamento e transporte

2.5. Encerramento da Mina olhando para os aspetos ambientais

O último estágio de operação de quase todas as minas é o processo de fechamento, que envolve a recuperação da área a partir da vegetação e restauração da terra e dos recursos hídricos. Para Hartman *et al.* (2002), o melhor momento para que a recuperação do local tenha início é antes mesmo que as primeiras escavações tenham começado. Em outras palavras, o engenheiro de minas responsável pelo planeamento deve trabalhar considerando, desde o início, o processo de fechamento, visando minimizar os custos envolvidos.

Muitas preocupações são relevantes no processo de fechamento de uma mina e devem ser salientadas. A primeira refere-se à segurança da área do entorno da mina, principalmente se esta permite o acesso da população, no geral. As empresas mineradoras são responsáveis pelo fechamento de todos os poços, shafts, ou buracos quaisquer que possam vir a oferecer qualquer risco a segurança física das pessoas. Da mesma forma, todas as taludes, pilhas de estéril e estruturas geológicas presentes exigem a ação de medidas mitigadoras que evitem condições de instabilidade.

A segunda diz respeito à restauração da superfície da terra, bem como da qualidade da água e à manutenção das barragens de rejeito, prevenindo qualquer iminente risco de poluição e contaminação decorrente da ação do vento, da água e da erosão do solo. A restauração das espécies de plantas nativas é também parte importante do processo, uma vez que estas contribuem favoravelmente à estabilidade do solo e à naturalização da área.

A preocupação final consiste no uso subsequente do local após o exaurimento da mina. É interessante que o aproveitamento da área seja benéfico à população local, contribuindo para a imagem da empresa perante a sociedade. A fase de fechamento da mina tem importância ímpar, devendo ser planejada o quanto antes durante a vida útil da mina.

2.6. Estimativa do Corpo de Minério

A estimativa do corpo de minério providencia as informações básicas necessárias para determinar se a ocorrência mineral será convertida em jazida. Este processo começa durante a fase de exploração e se estende por toda a vida da mina.

Duas categorias gerais de métodos são comumente empregadas na fase da estimativa do corpo de minério: métodos clássicos e métodos gê estatísticos.

2.7. Taxa de Produção do Minério

Segundo descrito em Miranda Júnior (2011), a taxa de produção está associada a capacidade de produção do bem mineral ao longo de um determinado tempo. A sua estimativa depende de muitos fatores tais como: distribuição espacial da jazida mineral, reservas lavráveis, técnica de lavra, preço das commodities e mercado de venda ou consumidor. Desta forma estes fatores entram diretamente na determinação da produção. Os custos de produção também são tomados em conta na determinação da capacidade de produção.

De acordo com Ferreira & Andrade (2004), a escolha do tamanho ótimo da mina é feita com base na combinação entre o nível de produção do bem mineral e o teor de corte (cut-off grade). O nível ou taxa de produção de um projeto de mineração está associado ao mercado de venda e o volume de reservas lavráveis do depósito mineral. Os mesmos autores, comentam ainda que em relação ao mercado de venda poderá haver três hipóteses para as quais se define a capacidade de produção de um empreendimento mineiro:

O mercado está saturado e, portanto, não oferece mais possibilidades para a entrada de novos fornecedores o mercado existe, contudo é limitado a um determinado nível ou taxa de produção
O mercado não oferece restrição quanto ao nível de produção máxima que poderá ser ofertado pelo empreendimento.

Baurens (2010), afirma que na avaliação de uma mina já existente, as taxas futuras de produção geralmente são previstas de forma confiável com base na experiência operacional histórica, ao contrário, a avaliação deve ser baseada em uma taxa de produção do projeto. Para o citado autor, a avaliação deve basear-se em uma taxa estimada de produção de minério que no primeiro ano varia de 60 a 75% da taxa de concepção, dependendo da complexidade do ciclo e circuito de exploração mineira. Para estimar a taxa de produção e vida ótima de exploração mineira, fórmulas empíricas desenvolvidas e bastante difundidas são utilizadas, objetivando avaliações preliminares de projetos de mineração (MIRANDA JÚNIOR, 2011). O citado autor, a primeira fórmula é a denominada Regra de Taylor, que é aplicável, em princípio, a qualquer tipo de jazida mineral e não depende do método de lavra.

2.8. Etapas de um projecto

Este capítulo apresenta uma revisão sobre as etapas e o conteúdo de um estudo de viabilidade, além de apontar para a necessidade da estimativa da vida útil de uma jazida e da taxa de produção

do empreendimento quando ainda são muitas as incertezas e escassos os dados à disposição. É efetuada também uma revisão na literatura sobre as metodologias desenvolvidas até então no intuito de fornecer estes parâmetros para empreendimentos mineiros em estágio incipiente, confrontando por fim os resultados obtidos na teoria em relação a prática.

As fases de projeto de empreendimentos envolvem, geralmente, três estágios de estudo (LEE, 1984) O estudo conceitual (ou escopo), onde as ideias iniciais de um projeto são transformadas em uma iniciativa de investimento, considerando diferentes perspectivas e técnicas de estimativa de custos para identificar potenciais oportunidades de projeto.

O estudo preliminar de viabilidade (ou pré-viabilidade), onde será determinado se o projeto apresenta atratividade suficiente para um maior detalhamento e são identificados os aspectos críticos à viabilidade do projeto.

Por fim, o estudo de viabilidade, que envolve redução das incertezas e maior nível de detalhamento que os estágios anteriores, além de fornecer consistentes bases técnicas, ambientais e comerciais que possibilitam uma tomada de decisão precisa e segura.

O custo de cada um destes estudos (LEE, 1984) varia de acordo com a dimensão do projeto, sua natureza, a quantidade de alternativas que serão investigadas, dentre outros fatores. Entretanto, o custo individual de cada etapa pode ser avaliado como uma percentagem do custo de capital do projeto (excluindo os custos com sondagem, testes de cominuição ou metalúrgicos e estudos ambientais). Desta forma, o estudo conceitual abrangeria entre 0,1 e 0,3%, o estudo preliminar 0,2 a 0,8% e, finalmente, o estudo de viabilidade abrangeria o intervalo entre 0,5 e 1,5% dos custos de capital (HUSTRULID; KUCHTA, 2006).

Segundo Taylor (1977), o principal conteúdo do relatório preliminar de avaliação deve abranger os seguintes tópicos: alvo, onde os objetivos buscados e a justificativa da busca são descritos brevemente conceitos técnicos, onde são descritos a localização do projeto, os objetivos quanto à produção, os meios de atingir estes objetivos e o destino dos produtos.

Descobertas, onde seriam agrupadas as mais importantes observações de todas as demais seções. Estes três primeiros tópicos devem abranger todas as observações, informações gerais e suposições, sendo a parcela adequada à leitura de quem possui menor conteúdo técnico. Devem haver, ainda, tópicos mais detalhados referentes às seguintes informações: massa total e teor do minério, calendário de produção, estimativa dos custos de capital, estimativa dos custos de

operação, estimativa de facturamento, impostos e financiamentos e, por fim, o fluxo de caixa (HUSTRULID; KUCHTA, 2006).

Caso aprovado, o estudo de pré-viabilidade será aperfeiçoado e integrará o estudo de viabilidade, que deve apresentar de maneira clara, objetiva e com maior riqueza de detalhes todas as informações pertinentes à compreensão do empreendimento, como descrições dos processos selecionados, as justificativas em selecionar determinado método ou equipamento em detrimento de outros, etc.

Segundo Taylor (1977), o estudo de viabilidade pode ser subdividido nos seguintes tópicos: Generalidades, incluindo a topografia, o clima da região, a população, acesso à mina, localizações indicadas para instalação da planta de beneficiamento, tamanho e locação do depósito de estéril, cidades próximas, etc.

Geologia de campo, contendo informações acerca das estruturas, mineralizações, gênese, mapeamento de alterações, geofísica, amostragem e ensaios nas amostras, entre outros. Geologia e lavra, incluindo bancos de dados, cálculos de massa e teores, análises estatísticas, litologias, modelagem completa dos corpos minerais, etc.

Lavra, onde serão agrupadas informações acerca da cava, a relação estéril-minério, diluição e perda de minério, taxa de produção, sequenciamento, equipamentos e mão-de-obra necessários, dentre outras informações pertinentes.

Pesquisa necessária ao desenvolvimento da planta de beneficiamento, onde serão analisados os testemunhos de sondagem, será proposta uma planta piloto, e nela serão obtidas especificações sobre o grau de processamento, a natureza e a qualidade dos produtos. Será efetuada a coleta de amostras destes e posteriormente serão efetuadas a estimativa da influência que os diferentes tipos de minérios e teores tiverem na recuperação e na qualidade dos produtos finais.

Design da planta de beneficiamento, contendo o fluxograma, capacidade de produção, especificações sobre recuperação e teor a ser trabalhado; Serviços auxiliares, como construção dos acessos, provisão de água, energia e combustível, construção dos escritórios, oficinas, laboratórios, dentre outras construções, além da contratação das equipes e provisão dos dormitórios e do transporte destes; Estimativa dos custos de capital, como o desenvolvimento da mina e da área da planta de beneficiamento, definição dos custos de aquisição de equipamentos e de matéria-prima para as construções, abastecimento do almoxarifado e da oficina industrial,

capital reservado para imprevistos, capital de giro para operação antes do primeiro recebimento e verificação da necessidade de empréstimos.

Estimativa dos custos de operação, combustível, energia, explosivo, material de desgaste, regentes, além dos custos de manutenção dos equipamentos e dos salários e custos administrativos diversos Mercado, onde serão avaliadas as especificações dos produtos, a previsão de preços futuros, os compradores, os custos com frete, serão esboçadas cartas de intenção de venda e contratos diversos;

Aspectos legais, como direitos minerários, arrendamentos, royalties, aquisição de propriedades, licenças e permissões para operar a mina e a área de servidão, acordos entre sócios, dentre outros aspectos financeiros, como o enquadramento do empreendimento em determinado tipo de sociedade, juros, refinanciamento de débitos, conversão de moedas, depreciação dos subsídios, levantamento de impostos diversos, apropriação e divisão dos lucros, Efeitos no meio ambiente, como os estudos de impacto ambiental, plano de recuperação de área degradada, dentre outras conformidades, faturamento e análise de lucratividade, onde serão estimados os calendários de produção da mina e da planta, além dos custos anuais de produção. Será elaborado um fluxo de caixa completo do empreendimento (individualizado nos 5 anos iniciais e condensado no restante dos anos até o fechamento da mina), serão calculados o valor presente líquido, a taxa interna de retorno e o tempo de recuperação do investimento, além da análise de sensibilidade nos parâmetros que mais influenciam no resultado do fluxo de caixa (HUSTRULID; KUCHTA, 2006).

Desde o estudo de pré-viabilidade, entretanto, há a necessidade de definir o calendário de produção, que deverá ainda ser reavaliado e selecionado em definitivo no estudo final de viabilidade. Entretanto, em um estágio onde praticamente todas as informações acerca da lavra são conjecturas, é difícil definir qual a taxa de produção adequada para que a lucratividade do projecto seja a máxima possível. Consequentemente, a estimativa da taxa de produção vem sendo estudada por diversos autores ao longo das décadas, sendo que a metodologia mais aplicada é a exposta por H. K. Taylor em seu artigo “Mine Valuation and Feasibility Studies”, publicado em 1977 (HUSTRULID; KUCHTA, 2006).

2.9. Escala de Produção

Em um estudo de avaliação econômica, após o conhecimento das reservas lavráveis e efetuada uma análise de mercado, o próximo passo é a definição da escala de produção (produção anual), a fim de calcular as receitas de venda de um bem mineral e os custos relativos às operações mineiras. A taxa de produção está associada à capacidade de produção de uma substância mineral ao longo de um tempo definido; a sua estimativa depende de vários condicionantes: distribuição espacial da jazida mineral, reservas lavráveis, método de lavra, preço e mercado dentre outros factores. A estimativa de escala de produção para projectos de mineração pode ser efetuada com o uso de regras práticas difundidas, sobretudo, em países de forte tradição mineira.

Segundo MACKENZIE e DOGETT (2000), a escala de produção da mina é a capacidade de produção da planta de processamento – beneficiamento –, normalmente, são especificadas em toneladas métricas (*tonnes*) de minério por ano. A capacidade pode ser expressa em várias outras formas. As ligações a outros três tipos de capacidade são as seguintes:

Toneladas métricas por dia, baseadas em um número de dias projetado de trabalho por ano – 250, 340, 360, ou 365 etc.

Toneladas métricas de material – minério e estéril – por ano para minas a céu aberto em bancadas, com base na relação antecipada estéril: minério (toneladas de estéril: toneladas de minério).

Para ORCHE GARCÍA (1999), o nível de produção, nos estudos prévios de viabilidade, normalmente não se pode avaliar com exatidão porque os conhecimentos existentes são bastante limitados, porém, como se tem indicado, é um dado necessário, utilizado como base em um grande número de estimativas. Há várias fórmulas empíricas que propiciam determinar – com aproximação – a escala de produção ótima, em função de diversas variáveis

3. CAPÍTULO III-A REGRA DE TAYLOR (TAYLOR, 1977)

Na teoria, é possível calcular a taxa de extração ótima de um corpo mineral a partir do conhecimento ou da inferência de sua massa total e da distribuição de teores (incluindo os efeitos da variação do teor de corte), além de todos os custos e preços de venda dos produtos através da vida útil da mina. Estas informações, entretanto, não estão disponíveis em um estágio incipiente de projeto, podendo eventualmente sequer serem obtidas com precisão até o fechamento da mina.

Mesmo detendo parte destes conhecimentos, a formulação de uma teoria de otimização forneceria respostas diferentes quando variasse o parâmetro a ser maximizado, como o lucro total, o fluxo de caixa total, o valor presente líquido ou a taxa interna de retorno. Os riscos envolvidos em um empreendimento mineiro, que costumam ser altos, podem também inibir os investidores de definir uma taxa de produção mais arrojada, devido ao receio de que súbitas mudanças no cenário econômico acarretem na modificação do teor de corte e da absorção do mercado para determinado minério, tornando a operação superdimensionada ou mesmo forçando sua paralisação.

Taxas de produção demasiado reduzidas alongam o fluxo de caixa, postergam receitas e sacrificam potenciais lucros, que são minguados e atingidos somente após muitos anos de empreendimento. Inversamente, taxas de produção demasiado elevadas, mesmo tendendo a aumentar o valor presente líquido do projeto e a reduzir o custo operacional por metro cúbico produzido, aumentam consideravelmente os custos de capital, podendo levar o empreendimento a sequer recuperar o investimento devido à vida útil reduzida, além de produzir uma quantidade de minério superior à capacidade de absorção do mercado. Vale ressaltar ainda que os preços dos minerais costumam variar ciclicamente, de modo que uma operação com taxa de produção muito elevada pode ocorrer em período de preços ascendentes, deixando pouco ou nenhum minério a ser lavrado na fase de queda dos preços.

Na prática, taxas de produção são fortemente limitadas ou influenciadas por problemas práticos, como o espaço disponível para as operações. É natural que a maioria das geometrias de depósitos possibilitem o incremento na produção, partindo do princípio de que haverá mais frentes de serviços após determinado tempo de lavra. Em uma mina a céu aberto, o espaço disponível para os equipamentos varia com a área (m^2), ao passo que a produção varia com o volume (m^3). Seria esperado, portanto, que as taxas de produção fossem proporcionais a dois terços da massa total da

jazida. A vida útil da mina seria, então, proporcional à raiz cúbica da tonelagem. Taylor (1977), entretanto, após efetuar um estudo em vários projetos contemporâneos à época da avaliação, em operação ou aptos a iniciar, cujos tamanhos e geometrias dos corpos minerais eram os mais diversos (excluindo depósitos tabulares), além de reservas totais razoavelmente conhecidas, averiguou que a taxa de extração, na verdade, comportava-se proporcionalmente a três quartos da massa do minério ao invés de dois terços, de modo que a vida útil dos empreendimentos era proporcional à raiz quádrupla da massa (HUSTRULID; KUCHTA, 2006). Eis que estava estabelecida a empírica regra de Taylor (TAYLOR, 1977), simples e prática como apresentada na equação:

$$L \cong 0,2x(T)^{0,25}$$

Onde L representa a vida útil da mina, em anos, e T representa a massa de minério identificada no depósito nas fases iniciais do projeto. É indiferente o uso da tonelada métrica ou curta na fórmula anterior, graças à atenuação da divergência pela raiz quádrupla (equivalente a elevar o fator T a 0,25). É mais conveniente, entretanto, a expressão da tonelagem em milhões de toneladas e, salvo raras exceções, o valor obtido possui uma amplitude de variação de 20% para mais ou para menos, de modo que a fórmula pode ser reescrita como a equação (TAYLOR, 1986):

$$L \cong (1 \pm 0,2)x6,5(T)^{0,25}$$

Onde TMT representa a massa de minério em milhões de toneladas. Inicialmente, a massa do minério deve ser razoável e pouco otimista, evitando assim que a reserva (e conseqüentemente a taxa de produção) seja superestimada, devendo ser considerados, portanto, o recurso medido e o recurso indicado, sendo o recurso inferido excluído do cálculo. Esta regra produz, finalmente, uma provisória, mas necessária estimativa da taxa de produção, possibilitando o desenvolvimento de subsequentes estudos econômicos, onde uma das taxas de produção contidas no intervalo proposto deverá ser utilizada em definitivo no estudo de viabilidade econômica (HUSTRULID; KUCHTA, 2006). A tabela, a seguir, foi composta a partir de valores obtidos através da regra de Taylor (TAYLOR, 1977), ao passo que a Figura 1 apresenta um gráfico confeccionado com os dados desta tabela 1.

Tabela 1 - Vida útil e taxa de produção em função da massa de minério.
Fonte: Adaptado de Taylor 1977.

Massa do Depósito(Mt)	Vida Útil (anos)	Intervalo da vida útil (anos)	Taxa produção média diária (t/dia)	Intervalo da taxa de produção (t/dia)
0,1	3,5	3-4,5	80	65-100
1	6,5	5,5-7,5	450	400-500
5	9,5	8-11,5	1500	1250-1800
10	11,5	9,5-14	2500	2100-3000
25	14	12-17	5000	4200—6000
50	17	14-21	8400	7000-10000
100	21	17-25	14000	11500-17000
250	26	22-31	27500	23000-32500
350	28	24-33	35000	30000-42000
600	31	26-37	46000	39000-55000
700	33	28-40	60000	50000-72000
1000	36	30-44	80000	65000-95000

Gráfico 1 - Vida útil e taxa de produção em função da massa de minério (TAYLOR, 1977).

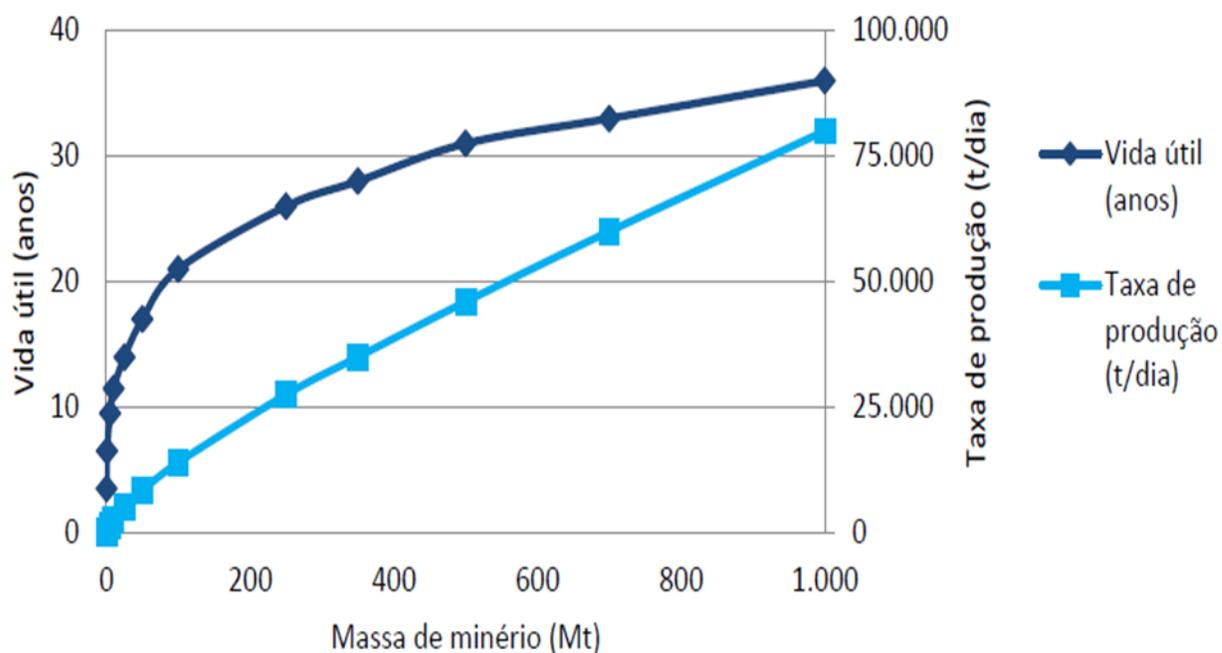


Tabela 2 –Classificação das minas quanto ao porte em função da produção
 Fonte:MARIZ:PERONI2018a

Porte das minas	Classes	Maior que (t/ano)	Menor que (t/ano)
Grandes	G1	3.000.0000	3.000.0000
Grandes	G2	1.000.0000	1.000.0000
Grandes	G3	5.00.000	5.00.000
Médias	M1	300.000	300.000
Médias	M2	150.000	150.000
Médias	M3	100.000	100.000
Pequenas	P1	50.000	50.000
Pequenas	P2	20.000	20.000
Pequenas	P3	10.000	10.000

Em 1991, o engenheiro de minas Thomas W. Camm, pesquisador do United States Bureau of Mines (USBM), desenvolveu um estudo que visava a obtenção de modelos de custos para aplicar na avaliação de pré-viabilidade de empreendimentos, levando em consideração todos os insumos necessários para a operação de cada um dos métodos de lavra avaliados. O autor chegou à conclusão de que a capacidade produtiva por dia podia ser calculada como na equação:

$$C_{st} = \frac{T_{st}}{D_{wy} \cdot L}$$

Onde C_{st} representa a capacidade produtiva por dia em toneladas curtas, e T_{st} representa a massa de minério existente no depósito em toneladas curtas, D_{wy} representa dias trabalhados em um ano e L representa a vida útil do depósito. A vida útil foi obtida através da aplicação da regra de Taylor (TAYLOR, 1977), possibilitando ao autor a conclusão de que a relação entre taxa de produção e tonelage de minério para 350 dias de trabalho por ano correspondia à equação :

$$C_{st} = 0,0143 \times (T_{st})^{0,75}$$

onde C_{st} representa a capacidade produtiva por dia em toneladas curtas, e T_{st} representa a massa de minério existente no depósito em toneladas curtas. Desde então, a equação sofreu diversas revisões, como as efetuadas por Singer, Menzie e Long , Long e Singer e Long . A Tabela 1 apresenta as equações obtidas desde então, todas convertidas para o Sistema Internacional de Unidades (S.I.), onde C representa a taxa de produção em toneladas e T representa a reserva mineral, também em toneladas.

Mariz e Peroni verificaram que estas metodologias não apresentavam aderência aos empreendimentos operando no Brasil entre 2010 e 2015, conforme os Relatórios Anuais de Lavra (RALs) obtidos junto à Agência Nacional de Mineração. A aderência foi verificada evento por evento de forma binária, onde a inserção da taxa de produção declarada nas equações presentes na Tabela 1 poderia resultar em uma reserva coincidente com a declarada naquele evento (caso positivo) ou não (caso negativo). Foi considerada ainda a tolerância de 20% para mais ou para menos no enquadramento desta reserva.

4. CAPÍTULO IV -ESTUDOS E REVISÕES EFEITUADOS NA REGRA DE TAYLOR

Em 1998, os pesquisadores do USGS Donald A. Singer, W. David Menzie e Keith R. Long desenvolveram um estudo nas minas a céu aberto de ouro e prata dos Estados Unidos visando comparar os resultados obtidos através da regra de Taylor (TAYLOR, 1977) com os por eles obtidos. Foram consideradas 80 minas onde o beneficiamento era efetuado através de cinco tipos de processos, cuja aplicação dependia das proporções e características mineralógicas dos metais no depósito, além da presença de outros elementos. Destas, 46 foram consideradas econômicas e 34 não econômicas, partindo de um critério simples onde, para ser econômica, a mina deveria estar fornecendo algum lucro após 70% dos anos de operação.

Foi observado que a taxa de produção das minas instaladas aparentava ser maior que a mensurada no estudo de Camm (1991). Partindo da análise de 46 das minas economicamente viáveis do estudo de 1998, independente do método de beneficiamento (visto que as regressões entre cada um dos métodos apresentaram pouca divergência), os autores (SINGER ET AL., 1998) obtiveram a equação como relação entre a capacidade produtiva e a massa do minério:

$$C_{st}=0,4159x(T_{st})^{0,5874}$$

Onde C_{st} representa a capacidade produtiva em toneladas curtas por dia e T_{st} representa a massa de minério em toneladas curtas.

Em 2000, os autores Donald A. Singer, W. David Menzie e Keith R. Long desenvolveram um novo estudo, desta vez em minas subterrâneas instaladas em depósitos de minérios sulfetados de grande porte. A análise foi efetuada em 28 depósitos considerados econômicos pelos mesmos critérios do estudo das minas a céu aberto de ouro e prata (SINGER ET AL., 1998). Estes depósitos estavam localizados nos Estados Unidos, no Canadá, na Austrália, em Portugal, na Espanha, no Chile e na Groenlândia; suas minas produziam até três produtos finais e eram lavradas através de cinco métodos diferentes: room and pillar, cut and fill, crater retreat, shrinkage stope e sublevel longhole. O cálculo da massa das reservas levou em consideração a diluição e a recuperação proporcionada por cada método de lavra segundo a mesma tabela utilizada por Camm (1991). A regressão obtida através do teste estatístico “t de Student” não apresentou uma diferença tão grande quanto no estudo anterior (SINGER ET AL., 1998), embora tenha ficado claro que a regra de Taylor (TAYLOR, 1977) superestimava a taxa de produção das

minas subterrâneas, talvez por ter sido principalmente desenvolvida sobre dados de minas a céu aberto. A equação apresenta o resultado obtido por este estudo:

$$C_{st}=0,0248x(T_{st})^{0,704}$$

Onde C_{st} representa a capacidade produtiva em toneladas curtas por dia e T_{st} representa a massa de minério em toneladas curtas.

Em 2001, os autores Keith R. Long e Donald A. Singer desenvolveram um novo estudo através do USGS, onde foram estudados 45 depósitos de cobre porfirítico lavrados a céu aberto e tratados em seguida através de pilhas de lixiviação. Long e Singer (2001) apontam as dificuldades em comparar esta união entre lavra e tratamento com o modelo de Camm (1991), visto que este não previa esta composição nem avaliava produtos secundários, como era o caso de muitas minas, além de não prever custos com metalurgia, refino e transporte. As minas do estudo estavam distribuídas no Chile, nos Estados Unidos, no Panamá, no Peru, no Canadá, em Burma (atual Myanmar) e no México. A equação apresenta o resultado obtido neste estudo:

$$C_{st}=0,0236x(T_{st})^{0,74}$$

Onde C_{st} representa a capacidade produtiva em toneladas curtas por dia e T_{st} representa a massa de minério em toneladas curtas.

Em 2009, o autor Keith R. Long publicou na revista *Natural Resources Research* um artigo com o estudo mais completo efetuado até então, abrangendo 539 minas subdivididas em 342 a céu aberto e 197 subterrâneas. Dentre elas, 319 (59%) eram minas de ouro, 125 (23%) eram de cobre e 62 (12%) eram minas de zinco e chumbo. Grande parte das minas foi submetida a, pelo menos, uma expansão em sua capacidade produtiva ao longo de sua vida útil e, como é assumido que esta expansão deve corresponder a uma expansão nas reservas, cada uma destas mudanças foi considerada, para efeito de cálculo, como uma nova mina. Algumas minas tratavam suas reservas e usinas de beneficiamento de alto e baixo teor de maneira diferenciada, de modo que cada conjunto foi avaliado independentemente, desde a abertura de cada frente de lavra e usina até suas respectivas expansões. Destarte, foram consideradas para efeito de cálculo 1196 minas, das quais 539 eram minas reais e 657 eram expansões destas.

Uma das principais contribuições do estudo foi subdividir o ajuste à equação original em duas novas equações, uma referente às minas a céu aberto e subterrâneas lavradas através do método

block caving e outra referente aos demais métodos subterrâneos. Em ambos os casos o coeficiente a que está elevada a massa das reservas foi menor que os três quartos proposto por Taylor (1977), de modo que a capacidade produtiva foi inserida no intervalo entre metade e dois terços da tonelagem, sendo o coeficiente alusivo às minas subterrâneas menor ainda que o outro caso. As equações e , respectivamente, apresentam os resultados obtidos nas minas a céu aberto com as lavradas através do método subterrâneo block caving seguido dos resultados obtidos nas demais minas subterrâneas.

$$C = 0,123x(T)^{0,649}$$

$$C = 0,297x(T)^{0,563}$$

Onde C representa a capacidade produtiva em toneladas por dia e T representa a massa de minério em toneladas. O autor também conclui que o coeficiente que representa o expoente da massa do depósito é o que apresenta maior impacto na taxa de produção, além de ser coerente que este coeficiente represente sempre um número menor que 1, visto que a relação capacidade de produção - reserva mineral não pode ser linear nem exponencial, já que restrições físicas e tecnológicas impedem o crescimento desmedido da capacidade produtiva.

A Tabela resume o exposto até então, onde as equações desenvolvidas por cada autor são apresentadas junto ao principal grupo de minas por eles estudado em cada ocasião e à quantidade de minas abrangida em cada estudo. A Tabela, por sua vez, apresenta, para cada metodologia proposta, a simulação da taxa de produção (t/dia) obtida junto às diferentes massas de minério (Mt) propostas, permitindo assim a comparação entre os métodos para cada tamanho de depósito mineral.

Tabela 3 - Descrição dos objetos de estudo e das conclusões obtidas por cada autor.

Fonte e ano	Equação Desenvolvida	Tipo de mina	Minas
Taylor(1997)	$C_{st}=0,0143x(T_{st})^{0,75}$	Desconhecido	30
Singer et al.(1998)	$C_{st}=0,4159x(T_{st})^{0,5874}$	Céu aberto (Ouro e prata)	41

Singer et al.(2000)	$C_{st}=0,0248x(T_{st})^{0,704}$	Subterrâneas grandes depósitos sulfetados	28
Long.singer(2001)	$C_{st}=0,0236x(T_{st})^{0,74}$	Céu aberto (cobre)	45
Long op (2009)	$C =0,123x(T)^{0,649}$	Céu aberto block caving	342
Long UG (2009)	$C =0,297x(T)^{0,563}$	Subterrânea block caving	197

Tabela 4 - Taxas de produção obtidas em diferentes massas nos diversos métodos.

Massa Esperada em Mt	Taylor (1986)	Singer et al.(1998)	Long. Singer UG (2000)	Long. Singer(2001)	Long Op(2009)	Long UG(2009)
0	0	0	0	0	0	0
0,5	26888	92590	24599	38918	61452	48004
1,0	45221	139120	41539	65000	96362	70918
2,5	89906	238308	79177	128052	174650	118795
5,0	151204	358067	12889	213870	273865	175500
10,0	254294	538008	210112	357200	429443	259272

15,0	344671	682692	279525	482191	558712	325759
20,0	427670	808377	342276	596588	673401	383033
25,0	505581	921592	400499	703700	778338	434307
30,0	579665	1025770	455350	805345	876106	481256
40,0	719252	1214616	557573	996406	1055947	565869
50,0	850283	1384726	652419	1175303	1220497	641618
75,0	1152476	1757114	867950	1586563	1587888	806150
100,0	1430000	2080602	1062800	1962962	1913838	947887

A gráfico 2 auxilia na compreensão da Tabela 4 acima, onde são expostas graficamente as tendências das curvas de cada equação dentre as citadas, as divergências em cada resultado e os pontos de intersecção das curvas entre si. É perceptível que as curvas referentes exclusivamente às minas subterrâneas, como em Singer et al. (2000) e Long (2009), apresentam taxas de produção menores que as demais, em grande parte devido às restrições impostas pelo espaço disponível para as operações de lavra. A equação desenvolvida por Singer et al. (1998) para minas a céu aberto de ouro e prata é a que apresenta maiores taxas de produção dentre todas as soluções propostas. O estudo pioneiro de Taylor (1977) apresenta taxas de produção bastante semelhantes às estipuladas por Long (2009) em sua abordagem nas minas subterrâneas, apresentando uma considerável diferença em relação à abordagem ao céu aberto. Entretanto, à medida que a massa do depósito aumenta, seu comportamento se afasta da equação das minas lavradas através de métodos subterrâneos e se aproxima da desenvolvida para lavras a céu aberto.

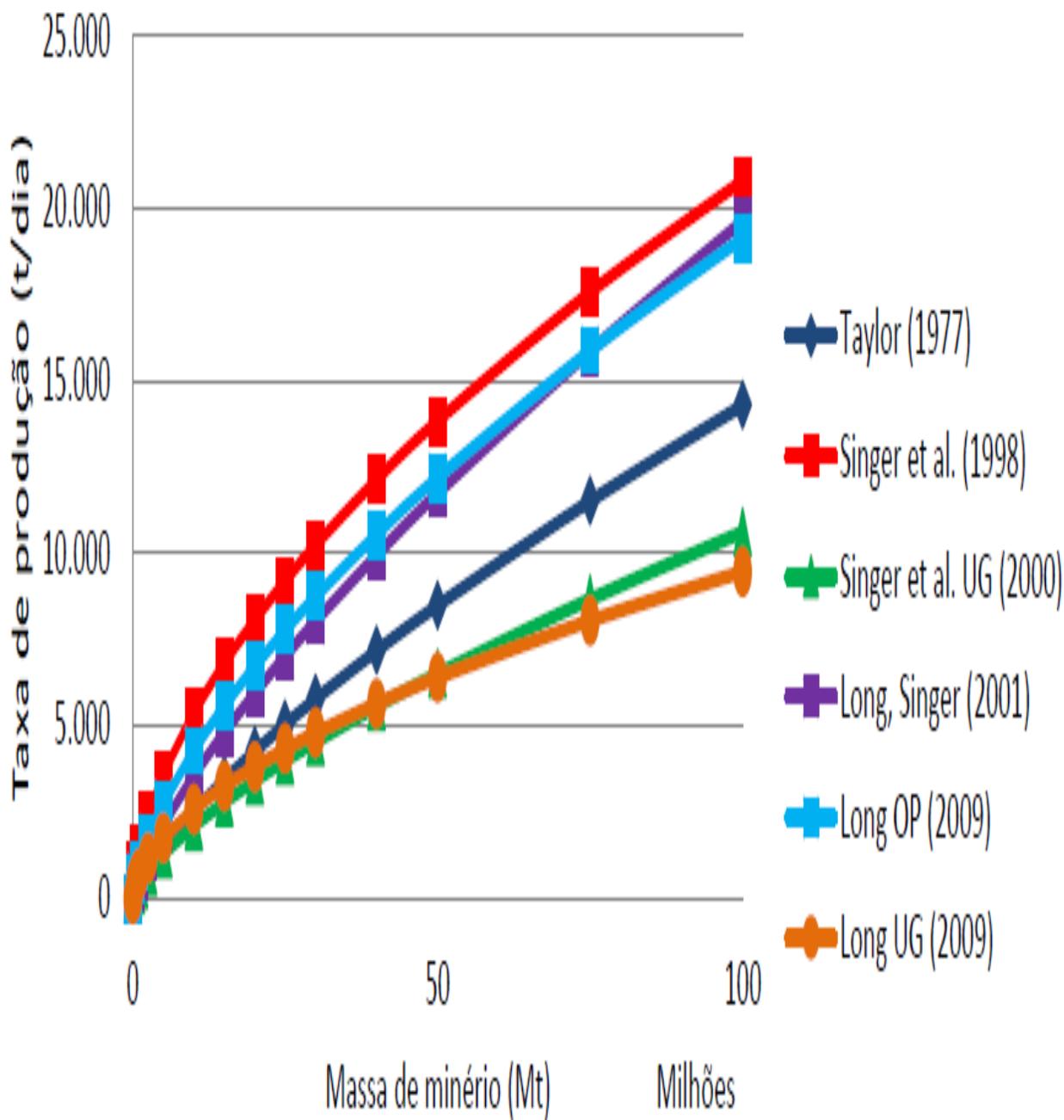


Gráfico 2 - Taxa de produção das equações estudadas em função da massa de minério presente em depósitos até 100 Mt.
 Fonte: MARIZ; PERONI, 2018a

5. CAPÍTULO V - VALOR ACTUAL LÍQUIDO (VAL) OU VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

O Valor Presente Líquido ou Valor Atual Líquido (VAL) é o somatório do valor presente ou valor atual dos fluxos de caixa descontados positivos menos os fluxos de caixa dos investimentos, ambos no tempo presente – isto é, os fluxos de caixa são trazidos ao tempo zero –, descontados a uma taxa prefixada. É um método dinâmico de avaliação econômica, o qual considera o valor do dinheiro no tempo e depende da taxa de juros selecionada.

A taxa de desconto deve ser igual ao Retorno Mínimo Aceitável (RMA). JIMENO e REVUELTA (1997) definiram o retorno mínimo aceitável como a taxa interna de retorno da melhor oportunidade de investimento não iniciada; portanto, o VPL da referida oportunidade é nulo.

TORRIES (1998) definiu o VPL (*Net Present Value* – NPV) como a soma dos valores presentes de todos os fluxos de caixa anuais menos o investimento inicial. Então, a equação do valor presente pode ser expressa da seguinte forma:

$$\text{VPL} = -I + \sum_{t=1}^n \left(\frac{\text{fluxo de caixa}}{(1+i)^t} \right)$$

Sendo:

FC_t = fluxo de caixa no ano t .

I_0 = investimento inicial.

i = taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade.

n = número total de anos no projecto.

Na visão de WELLMER ET AL. (2008), quando se aplica o método do valor presente líquido, os fluxos de caixa líquidos são descontados a uma determinada taxa de juros i e os investimentos (I) são deduzidos da soma dos fluxos de caixa descontados líquidos:

$$\text{VPL} = [\sum FCx(q_j)^{-n}] - I$$

Os autores citados ressaltaram que o VPL indica ao investidor o valor de um investimento potencial de um depósito não ainda em produção, considerando os seguintes fatores:

Os autores citados ressaltaram que o VPL indica ao investidor o valor de um investimento potencial de um depósito não ainda em produção, considerando os seguintes fatores:

- ✓ Investimentos (I).
- ✓ Os fluxos de caixa líquidos anuais individuais (FC) – fluxo de caixa depois dos tributos e possivelmente juros.
- ✓ A data para os fluxos de caixa líquidos determinada pelos fatores de desconto como uma função do ano n , no qual o fluxo de caixa é devido.
- ✓ O risco inerente no investimento na taxa de juros escolhida.

Na definição de REVUELTA e JIMENO (2000), o Valor Atual Líquido (VAL) do projeto é a soma dos benefícios menos os custos nos anos 0 a n , ajustados ao presente com uma determinada taxa de desconto i , que ajusta o fluxo de caixa anual ao valor temporal do dinheiro. Assim, o VAL é obtido através da fórmula:

$$\text{VAL} = (R_0 - C_0) + \frac{(R_1 - C_1)}{(1+i)^1} + \frac{(R_2 - C_2)}{(1+i)^2} + \frac{(R_3 - C_3)}{(1+i)^3} + \dots + \frac{(R_n - C_n)}{(1+i)^n}$$

Sendo:

$(R_0 - C_0) = I =$ Investimento inicial

$C =$ Custos anuais

$R =$ receitas anuais

A fórmula acima pode ser simplificada do seguinte modo:

$$\text{VPL} = -I + \sum_{t=1}^n \left(\frac{R_0 - C_0}{(1+i)^t} \right)$$

5.1. Considerações sobre o valor presente líquido e critérios de aceitação

Segundo MACKENZIE e DOGGETT (2000), o valor presente líquido representa o valor máximo que poderia ser pago para adquirir o projeto sem sofrer uma perda econômica ou, analisando do ponto de vista do proprietário, o valor mínimo que o projeto deveria ser vendido. Quando as alternativas estão sendo avaliadas internamente na empresa, o Valor Presente Líquido (VPL) representa o retorno antecipado do investimento acima do retorno mínimo exigido. Ao usar esse método, a alternativa com o máximo valor presente líquido é preferida.

Um VAL positivo mostra que o investimento em um projeto é atrativo, quando comparado a outras oportunidades de investimento, porque o valor da empresa resulta maior. Logo, o critério de aceitação do indicador econômico pode ser resumido da seguinte forma:

- ✓ $VAL > 0 \rightarrow$ O Projecto é atrativo.
- ✓ $VAL = 0 \rightarrow$ O Projecto é idiferente.
- ✓ $VAL < 0 \rightarrow$ O Projecto não é atrativo.

Os critérios de aceitação permitem separar as alternativas independentes de acordo com o resultado do VPL, isto é, rejeita as oportunidades com resultados negativos e aceita aquelas com VAL positivo. Isto pode ser aplicado a empresas que dispõem de recursos ilimitados, ou seja, têm capacidade para implantar todas as oportunidades de investimento.

No caso de recursos financeiros limitados, MACKENZIE e DOGGETT (2000) salientaram que torna necessário classificar as alternativas em ordem de atratividade econômica. O método do VPL pode ser usado para classificar propostas se as alternativas independentes tiverem as mesmas exigências de investimento. O VPL pode ser aplicado para selecionar a melhor de um conjunto de alternativas mutuamente excludentes, se elas tiverem as mesmas exigências de investimento ou, de outro modo, se a empresa não tiver limitações de financiamentos (*funding constraints*) e se outras oportunidades de investimento econômico não estiverem disponíveis. Assim, um maior VPL resultante de um maior investimento não indica necessariamente uma oportunidade mais rentável.

5.2. Fluxos de caixa anuais iguais

Quando os fluxos de caixa anuais são iguais, o cálculo do valor presente líquido pode também ser feito da seguinte maneira:

$$\Sigma = FCx \left[\frac{1}{(1+i)} + \frac{1}{(1+i)^1} + \frac{1}{(1+i)^2} + \dots + \frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

Onde:

FC= fluxo de caixa

Deve-se observar que os termos entre colchetes são o somatório de uma série geométrica com base em WELLMER ET AL. (2008), os termos são representados por:

$$b_n = \frac{q^n - 1}{q^n x (q - 1)}$$

Onde:

$$q = 1 + i, \text{ ou seja } , \sum = FC_j x b_n$$

O fator b_n é denominado fator de valor presente da anuidade (*annuity present value factor*) ou fator de valor presente discreto uniforme (*discrete uniform present worth factor*), ou ainda factor de valor presente de séries (*series present worth factor*).

Assim, o Valor Presente Líquido (VPL) pode ser calculado:

$$VPL = FC x b_n - I$$

5.3. Taxa Interna de Retorno (TIR)

É o valor da taxa de desconto que anula o valor presente líquido de um projeto. A taxa interna de retorno (*Internal Rate of Return – IRR*) é também conhecida como taxa de retorno (*Rate of Return – ROR*). A TIR é a taxa que permite recuperar os recursos investidos no final da vida de uma alternativa de investimento.

Para MACKENZIE e DOGGETT (2000), a taxa de retorno é considerada como a taxa de desconto que iguala o valor presente dos fluxos de caixa positivos de produção com o valor presente dos custos de capital de pré-produção.

Portanto, a TIR pode ser calculada através da seguinte expressão:

$$\sum_{t=0}^n \left(\frac{FC_t}{(1+r)^t} \right)$$

$r = \text{taxa de retorno}$

REVUELTA e JIMENO (2000) definiram a taxa interna de retorno como o valor da taxa de desconto que anula os fluxos de caixa acumulados atualizados no final da vida do projecto, o que se traduz em resolver a seguinte equação:

$$VAL = 0 = (R_0 - C_0) + \frac{(R_1 - C_1)}{(1+TIR)^1} + \frac{(R_2 - C_2)}{(1+TIR)^2} + \frac{(R_3 - C_3)}{(1+TIR)^3} + \dots + \frac{(R_n - C_n)}{(1+TIR)^n}$$

MACKENZIE e DOGGETT (2000) assinalaram que, em termos económicos, a taxa de retorno é o retorno percentual médio anual previsto, gerado por um projeto ao longo de sua vida. Ao

contrário do valor presente líquido e relação do valor presente, a taxa de retorno é determinada somente em função da distribuição no tempo dos fluxos de caixa estimados. Usando esse critério, a condição de equilíbrio (*breakeven condition*) para o investimento econômico é a taxa de retorno igual ao custo do capital.

Conforme JIMENO e REVUELTA (1997), assim como no método do VAL, a TIR leva em conta o fator tempo. No polinômio do qual se deduz a taxa interna de retorno, os fluxos monetários têm menos valor quando mais distantes se encontram no tempo. Ao contrário do que ocorre do que ocorre quando se aplica o método do VAL, a taxa de desconto não está predeterminada. Nesse sentido, o método da TIR é superior ao do VAL, visto que não se coloca a necessidade de escolher previamente uma taxa de desconto, com os problemas relativos a essa escolha. No entanto, a TIR não tem valor para a empresa se ela não for comparada a algum tipo de juros, de modo que, em qualquer caso, termina sendo o Retorno Mínimo Aceitável (RMA) ou a taxa mínima de atratividade.

Ao contrário do Valor Atual Líquido (VAL), o método da Taxa Interna de Retorno (TIR) permite mensurar a eficiência do uso do capital. Ademais, a taxa interna de retorno classifica os projetos de mineração de acordo com suas respectivas rentabilidades, sem considerar a magnitude dos projectos. Portanto, quando vários projectos com uma mesma taxa de desconto são analisados, aquele que apresentar a maior taxa interna de retorno será o preferido, dentre as outras oportunidades de investimento.

5.4. Critérios de aceitação da taxa interna de retorno

Para MACKENZIE e DOGGETT (2000), com fulcro nesse método, o projecto com a maior taxa de retorno é preferido; portanto, a condição mínima aceitável para o investimento é a taxa de retorno maior do que o custo de capital.

- ✓ $TIR > 0 \rightarrow$ O projecto é atrativo.
- ✓ $TIR < 0 \rightarrow$ O projecto não é atrativo.
- ✓ $VAL > 0 \rightarrow TIR > i$
- ✓ $VAL < 0 \rightarrow TIR < i$

5.5. Análise de Sensibilidade

Visa identificar os parâmetros de entrada que geram uma maior variação no retorno do projeto. As variáveis de entrada são também chamadas de variáveis críticas ou estratégicas.

Segundo GENTRY e O'NEIL (1992), o termo análise de sensibilidade, simplesmente, descreve o processo de determinar a sensibilidade dos resultados do projeto à mudança em qualquer variável de entrada. Por exemplo, quão sensível é o VPL do projeto (ou TIR etc.) a alterações na reserva geológica. Ainda que as estimativas para os componentes dos fluxos de caixa futuros de um projeto sejam consistentes, a fim de proporcionar uma tomada de decisão mais segura, em função das variáveis estratégicas ou críticas – consideradas aleatórias –, receitas, custos operacionais, preços etc., utiliza-se a análise de sensibilidade para avaliar o comportamento, por exemplo, do valor actual líquido, quando ocorre mudança em uma variável crítica, supondo que as demais permanecem inalteradas.

JIMENO e REVUELTA (1997) acrescentaram que a análise de sensibilidade é usada para investigar a influência de uma variação no valor de um ou mais parâmetros ou variáveis (investimentos, custos de operação, receitas, vida etc.), sobre os distintos índices que medem a rentabilidade do projeto (VAL, TIR etc.). Essas análises permitem também identificar aquelas variáveis que têm um maior impacto no resultado, frente a diferentes graus de erro em sua estimação, auxiliando a decidir sobre a conveniência de realizar estudos mais profundos dessas variáveis críticas, a fim de melhorar as estimativas, reduzir o grau de risco por erro ou buscar outra estratégia de atuação.

A análise de sensibilidade – dependendo do número de variáveis críticas que sofrem mudanças ao mesmo tempo –, classifica-se em unidimensional ou multidimensional.

Para JIMENO e REVUELTA (1997), na análise unidimensional, geralmente a mais aplicada, apenas uma variável se modifica, mantendo-se as demais constantes; enquanto na análise multidimensional, são verificados os efeitos sobre um critério econômico, quando duas ou mais variáveis significativas modificam-se simultaneamente. Normalmente, na realização de análises de sensibilidade unidimensionais, cada uma das variáveis consideradas importantes é alterada arbitrariamente, por exemplo -20 %, -10%, +10 % e +20 %, e analisa-se a variação ocorrida em um indicador econômico empregado.

5.6. Análise de Cenários.

Uma variante da análise de sensibilidade é a análise de cenários. Essa análise estuda o impacto de uma série de cenários diferentes que a empresa ou o projeto podem vir a deparar-se no futuro, considerando, entretanto, as relações entre as variáveis e suas mudanças simultâneas. É uma técnica de análise de risco em que as séries de circunstâncias financeiras, boas e más, são comparadas com uma situação mais provável (Weston e Brigham, 2000).

Quando uma empresa elabora um projeto de investimento, deve ser construído um conjunto de cenários que se baseia na análise do ambiente externo, na qual procura descrever determinada situação no futuro e que presta atenção às variáveis críticas. A partir de cada cenário, faz-se uma análise de rentabilidade do investimento (Soares *et al*, 2015). Assim, a análise de cenários não consiste apenas em modificar algumas variáveis mantendo as restantes constantes, mas sim, reformular todo o estudo de modo a considerar como é que o projeto tenderia a evoluir considerando a possibilidade de uma evolução de mercado favorável e/ou desfavorável ao projeto. Para perceber o efeito destes acontecimentos sobre o projeto, é calculado para cada um deles um indicador de criação de valor em geral o VAL ou a TIR (Soares *et al* 2015).

Segundo Teixeira, (2013) podem ser criados cenários mais otimistas ou mais pessimistas.

O cenário otimista, permite fazer modificações positivas nas principais variáveis críticas, assumindo valores segundo uma expectativa otimista, originando os resultados máximos do projeto, dentro do que está previsto. O cenário pessimista é composto por alterações que trazem um impacto negativo nos resultados. Este cenário vai-nos mostrar o pior resultado que o projeto pode obter.

JIMENO e REVUELTA (1997) acrescentaram que a análise de sensibilidade é usada para investigar a influência de uma variação no valor de um ou mais parâmetros ou variáveis (investimentos, custos de operação, receitas, vida etc.), sobre os distintos índices que medem a rentabilidade do projeto (VAL, TIR etc.) Essas análises permitem também identificar aquelas variáveis que têm um maior impacto no resultado, frente a diferentes graus de erro em sua estimação, auxiliando a decidir sobre a conveniência de realizar estudos.

6. CAPÍTULO VI -ANÁLISE DE ESTUDO RESULTADO E DISCUÇÕES

A mina de Catoca, 4º maior kimberlito em exploração no mundo, entrou em operação em 1996. A sociedade Mineira de Catota (SMC), proprietária desta mina (Conceição de catoca, tem como sócios a Endiama (41%), a Alrosa (41%). Em 2004, as reservas de minas estavam avaliadas em ...* 10t⁶ ou seja 10quil⁶, com uma duração de 40 anos. A reavaliação das reservas em 2008 situou as mesmas em a 210 milhões t, tendo replanificado o ritmo de produção a ... t/ano e uma longevidade (remanescente para a lavra a céu aberto) de 23 anos isto é até 2031.

Entretanto os estudos de planeamento estratégico e desenvolvimento de novos projectos da SMS foram dedicando-se estudos de diversas opções para garantir a continuação talvez o crescimento da produção após esgotamentos das reservas economicamente exploráveis a céu aberto. Nas sequências destes estudos, e usando a experiência interna dos seus serviços de geologia e prospeção, a sociedade de catoca investiu uma vasta campanha de procura de jazigos primários de diamantes comessando na própria concessão e estendendo nas concessões vizinhas partindo dos indícios (anomalias) assinalados nas províncias e campos kimberlitos de potencial constando de relatórios disponíveis de arquivos da Endiama. É assim que ficou identificado e escolhido o kimberlito Luele na concessão Luaxe e tendo a empresa tomado a decisão de lançar o projecto em 2026 pode se portanto afirmar que este projecto do kimberlito Luaxe nasceu de um processo dedutivo motivo pelos serviços de planeamento Estratégico e desenvolvimento de novos projectos da Catoca no âmbito de seu funcionamento normal, Dai o pleno mérito atribuído a esta empresa porta-bandeira da indústria mineira de Angola.

6.1. Localização geográfica da área

A concessão mineira do Luaxe está localizada no município de Saurimo, Província da Lunda Sul, no Nordeste de Angola. O jazigo do luaxe situa-se a cerca de 25km a Sudoeste da mina de catoca. Saurimo desta cerca de 949km de Luanda seguindo o itinerário da estrada Nacional 230. A concessão possui uma área 1880km² (100ha). Tal como indica o mapa de localização na figura. orograficamente, a região da concessão representa uma planície monótona, que é aparte leste do planalto da Lunda, com a inclinação geral da superfície na direcção do sul ao Norte, com as cotas absolutas de 1078 a 1036m nos interflúvios e de 1000 a 900m nos vales dos rios.



Figura 1: concessão mineira do Luaxe
Fonte:google~

6.2. Clima, Fauna e Flora da Região

O clima da região é tropical, tendo duas principais estações típicas durante o ano: a época das chuvas que perdura do final de agosto até os primeiros dias de maio, e a estação de seca que se prolonga de maio a agosto. A temporada mais chuvosa incide nos meses Novembro a Março, quando precipitação atmosférica diária chega até 53,0mm. A máxima temperatura registada é de 37,2 a +37,4°C, a mínima mais 11,6 a 11,8°C. As temperaturas máximas e mínimas incidem na estação Seca.

A temperatura diária média durante o ano, constitui mais 22,5 a 22,8°C de noite e nas madrugadas, costuma-se fazer um pouco, mas frio do que no pleno dia, quando a temperatura atinge os seus valores máximos. O intervalo mais quente é das 13 às 15 horas. As direções predominantes dos ventos, em função da estação do ano, são Nordeste e Su-sudoeste, mais raramente. Norte ou Sul. A velocidade média do vento cifra-se em 2,0-2,5m/s enquanto os valores máximos vão de 16,6 a 18,4m/s.

A vegetação (ou flora) da área é representada por savana típica, este tropical com uma abundância de cobertura herbácea, raras árvores e arbustos que formam moitas dos rios e vales.

Nas zonas kimberlíticas, a presença de clareiras típicas de forma circular ou elíptica são bons indicadores de presença de anomalias magnéticas (presença de Fe, Ni, Ti, Co etc.).



Figura 2 : vegetação da região das lundas,
fonte:www.google.com

A diversidade da fauna compreende mamíferos de grande porte aves diversas, reptes, batráquios, peixes inúmeros grupos de vertebrados (felídeos, antopolos, coléopteros, fauna do solo etc.) Nas zonas kimberlíticas, a presença e a atividade de termites trazem sempre informações valiosas sobre os minerais alterados satélites de diamantes. A figura a baixo mostra o exemplo de actividade de termites nas de formação kimberlíticas.



Figura 3 : exemplo de termite nas zonas kimberlíticas.
fonte autor

6.3. Hidrografia da Região

A rede hidrográfica da região está orientada na direcção Norte e faz parte da bacia da grande artéria fluvial do rio congo composta pelos rios Luembe, Chicapa, Luachimo, chiumbe, Luxico e outros que ocorrem subparalelamente de sul para Norte. Os vales dos mesmos são em forma de U e V, são impróprios para navegação, mas com fortes potenciais hídricos. A concessão do Luaxe é banhada principalmente pelo rio Luele, afluente esquerdo do rio Chicapa e que corta o corpo kimberlítico no seu flanco oriental. Do ponto de vista da geomorfologia, trata-se de uma área de planície monótona bem característica da parte Leste do planalto da Lunda com inclinação superficial geral Sul-Norte.

6.4. Caracterização Geológica da Região

A presente estrutura situa-se na parte SW do escudo do cassai, constituída por rochas de base, com formação desde o Arcaico até ao Proterozoico. Podemos reafirmar que existem também outros complexos de rochas de plataformas, compreendendo o Neo-Proterozoico e o Paleo-Meso-Cenozoico. O complexo Arcaico compreende assim, as rochas da série metamórfica das fácies granulíticas e anfibólica do metamorfismo regional, normalmente constituído por gnaisses e anfibólica do metamorfismo regional, nomeadamente constituídos por, gnaisses, xistos cristalinos, anfibolitos, e raramente constituído por:

- ✓ Eclogistos,quartzitos,leptinitos (rochas metamórfica clara associada a minério escuro) e quartzitos ferruginosos.
- ✓ Por indébito (rocha do grupo charnockítico,rica em plagióclase) e tonalitos (granitoide rico em biotite e anfíbolos) da zona de granitização metamórfica.
- ✓ Por tonalitos, migmatitos, granitos, indébitos e charnockitos (série magmática e metamórfica do tipo granulite).

Por rochas sedimentares da fácies anfibólicas e dos xistos verdes. Dentro dos limites do escudo do cassai, estas rochas metas sedimentares referem-se á parte superior do complexo basal, ou também á parte inferior das series metamórficas do NE de Angola. Conglomerados, xistos, grauvaques e grés. Na parte sul da mesma região, estão representados por xistos argilosos, quartzitos, arcoses, chertes egrés,cortados por intrusões de gabros e doleritos. Nos estudos efectuados, a informação geológica recolhida informa que não existem até ao cretácico, formações geológicas na área de catoca, embora se destaque a existência na parte norte do escudo de cassai, de sedimentos do triásico, pertencentes ao sistema karroo e sistema intercontinental.

No mesozoico, os sedimentos continentais do cretácico, isto é, a formação calonda encontra-se preservada dentro dos limites de base e possuem uma especial importância, dado que é aqui que se encontra os grandes pláceres diamantíferos secundários estas formações estão situadas a mais, a NE de Angola. Acima destes apresentam-se os sedimentos do kalahari,com uma plataforma de inclinação para norte, o qual pode rondar como espessura neste região os 50 m a 150 m.Nos sedimentos, possivelmente do Paleocenio-Eocenio,no terciário, referente ao grupo de Klahari,são caracterizados por um desenvolvimento de laterites que se formaram na superfície das peneplanícies depois do cretacio. As mesmas, estão representadas por arenitos polimorfos, e vários tipos de conglomerados de diversas cores como,branco,amarelo,violeta e vermelho. Os sedimentos, provavelmente do Eocénico-Pliocénico,também no terciário, e pertencente ao grupo Kalahar,são constituídos essencialmente por areias,argilas,e níveis de formações argiloarenosas e cascalhenta, podendo esta última apresentar algum teor de diamantes. Os sedimentos do quarternários, são essencialmente formações dos fundos de correntes fluviais do tipo aluvial e diluvial, isto é, de lezíria, mas também de vertentes, de terraços, estes sedimentos são representados por cascalhos,areias,areias argilosas, e cuja espessura pode variar desde os 0,15cm até mais de uma dezena de metros. Apresente fácies mais cascalhentas de algumas correntes fluviais, como exemplo do Lova na catoca, entre outros exemplos, podem estar relacionadas com

pláceres diamantíferos. Estas ocorrências Kimberlites do cretácico segundo Reis (1972), encontra-se numa zona regional de fraturas, chamado corredor de Lucapa e que tem a direcção submeridional, cuja extensão atingi os 1200km de comprimento e cerca de 55 a 85km de largura. Na parte sudoeste desta estrutura, para além dos kimberlitos, são muito frequentes os corpos do tipo carbonatítico e de rochas de composição mais alcalinas. As intrusões kimberlíticas desta região, localizam-se segundo as zonas de cruzamento das fraturas regionais características, apresentando-se a primeira com direcção NE, e segunda com uma direcção mais NW, mais estão ligadas a um sistema de falhas de periferia, hospedado em rochas do pré-câmbrico e recobertos por depósitos sedimentares do Meso-cenozoico, segundo Janse e Sheaham (1995).

6.5. Geologia e Topografia do Jazigo

A chaminé Luele do projecto luaxe como a da catoca, pertence a mesmo grupo das intrusões kimberlíticas do cretácico. Apresenta a sua localização na parte oeste do escudo cassai, o qual é composto pelo complexo pré-câmbrico. A rocha encaixante da chaminé é constituída essencialmente por gnaisses do pré-câmbrico de diferentes composições e grau de meteorização, onde as rochas sobrejacentes, de cobertura, são sedimentares, da formação de kalahari. Para além dos kimberlíticos propriamente ditos, as rochas Vulcano-sedimentares diamantíferas, da fácies de cratera. Estão de certa forma geneticamente ligadas á formação do próprio corpo mineralizado. Deste modo, a chaminé está representada pelos seguintes tipos principais de rochas:

- ✓ Kimberlitos brechoides maciços;
- ✓ Kimberlitos brechoides autolíticos;
- ✓ Tufos kimberlíticos, brechas tofáceas e gravelitos com intercalações de arenitos tofáceos;
- ✓ Arenitos, tufos areníticos, aleurolitos (siltitos) e argilitos;
- ✓ Rochas kimberlíticas da zona de transição e do substrato do complexo Vulcano;
- ✓ Sedimentar, com os xenólitos de gnaisses encaixantes (zona xenolítica).

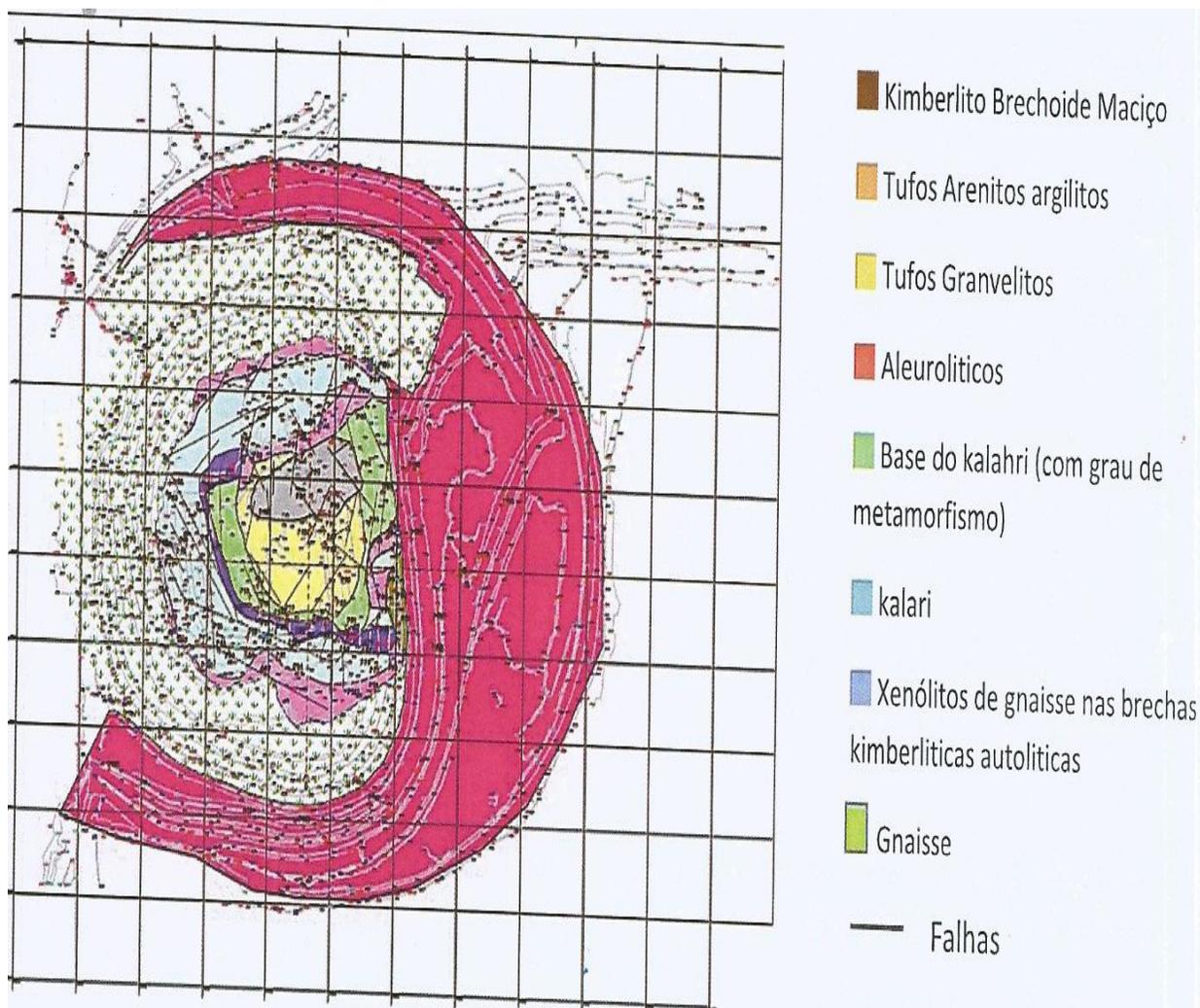
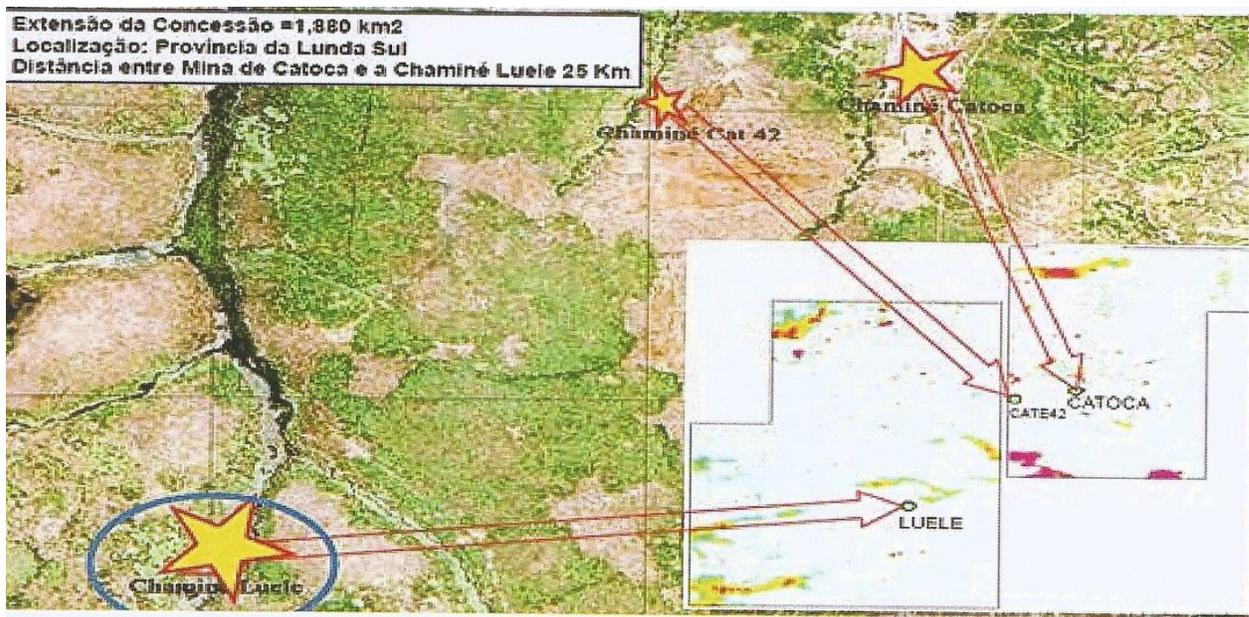


Figura 4 : exemplo de carta geológica tectónica-estrutural do kimberlito catoca.fonte Luaxe

A vantagem dos jazigos de Luele do projecto Luaxe enquadra-se na mesma província (P2) e no mesmo campo (C1) kimberlíticos que os jazigos primários do Catoca. Pois ambos grupos são muito próximos e possuem características bastante aparentadas. A escolha operada por Catoca é portanto judiciosa uma vez que proximidade dos mesmos permite tirar o máximo proveito da experiência (conhecimentos técnicos e tecnológicos da SMC) e da própria sinergia dos dois projectos (Catoca e Luaxe). Nesta empreitada, a SMC pode contar com as mesmas equipas de geólogos, os mesmos serviços de topografia, trabalhos preparatórios, serviços gerais e logística, serviços e infraestruturas de manutenção, e em certa medida parte do pessoal e equipamentos de mineração e terraplanagem.



Como mostra a figura 5 (localizações de províncias e campos kimberlíticos nas Lundas, Angola. Fonte: S. seco 2009)

Para o desenvolvimento do projecto luaxe, foram realizados trabalhos de prospeção, que comprovaram que os Kimberlitos Luaxe-Luele e os de Catoca pertencem claramente á mesma província (P2) e ao mesmo Campo Kimberlítico (C1), foram também feitas recolha de informações geológica e minerais prévia, através de conhecimento de mineralometria, geoquímica, teledeteção, geofísica e perfuração onde usou – se sondas rotativas para realização de furos, com objectivo de obter informações de talhada das amostras e especialmente para estudos hidrogeológicos e geotécnicos e diversos ensaios.

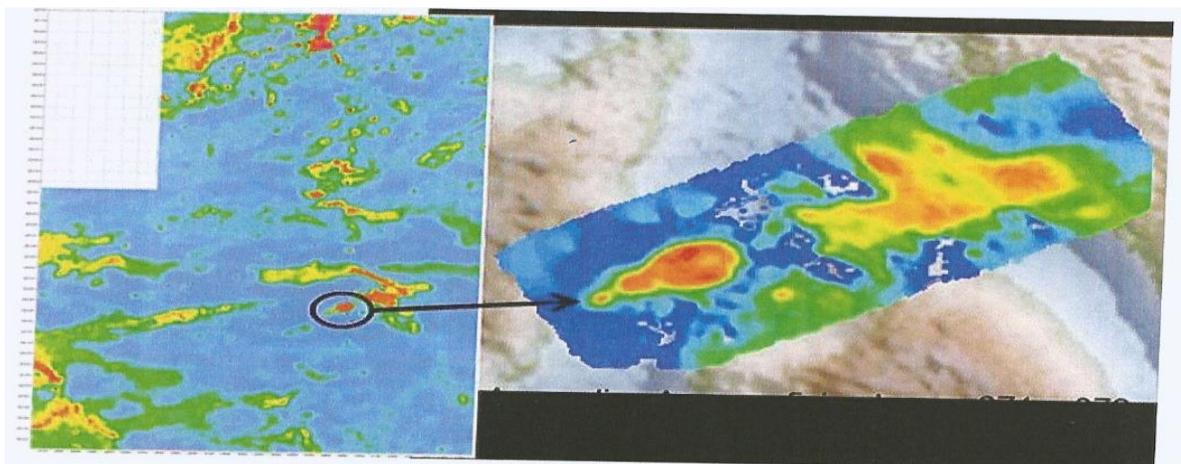


Figura 6 : Área estimada de chaminé 116 hectares na superfície
 fonte; Luaxe; YNA-MIRNY, instituto, instituto yakutnioproamaz.

6.6. Cálculos do projecto Luaxe

O projecto Luaxe representa uma reserva a volta de 350 milhões toneladas minério e uma previsão de exploração de cerca de 29 anos, com 100 hectares de superfície e está a ser projectada até a profundidade de 400 metros.

Para uma estimativa da taxa de produção e vida ótima de exploração, fórmulas empíricas desenvolvidas e bastante difundidas são utilizadas, objetivando avaliações preliminares de projetos mineiros.

De acordo com REVUELTA e JIMENO (2000), a primeira fórmula é a denominada Regra de TAYLOR (1976), aplicável, em princípio, a qualquer tipo de jazida mineral e não depende do método de lavra.

Logo, a fórmula geral proposta por Taylor para o cálculo da Vida útil(L) é:

$$L=6,5x(Reservas[ton])^{0,25}x(1 \pm 0,2)$$

Para determinar o Ritmo ótimo de produção (ROP) ou capacidade de produção.

$$P\left(\frac{Mt}{anos}\right)=0,25x(Reservas[ton])^{0,75}x(1 \pm 0,2)$$

Sendo:

Mt=milhões de toneladas

Agora, a fórmula de Taylor apresentada por ORCHE GARCÍA (1999):

$$P=0,25x(R)^{0,75}x(1 \pm 0,2)$$

Sendo:

P= produção ótima em milhões de toneladas /anos

JIMENO e REVUELTA (1997) relataram que um engenheiro canadense, BRIAN MACKENZIE (1982), propôs fórmulas similares às anteriores, porém distinguindo o método de lavra empregado e, incluindo, o intervalo de produção em que são aplicáveis. Essas fórmulas são surpreendentemente simples e interessantes, porém não foi especificada a base estatística ou método utilizado para sua determinação.

Do exposto, as fórmulas – usadas na estimativa de produção anual – apresentadas por MACKENZIE e DOGGETT (2000) são expressas a seguir:

Minas subterrâneas:

$$\text{Ritmo de produção(Mt/anos)} = 4,22x(\text{Reservas} - t)^{0,756}$$

Limites de aplicação:

$$50.000 \text{ t/anos} < \text{Capacidade anual} < 6.000.000 \text{ t/anos}$$

Minas a céu aberto:

$$\text{Ritmo de produção(Mt/anos)} = 5,63x(\text{Reservas} - t)^{0,756}$$

Limites de aplicação:

$$200.000 \text{ t/anos} < \text{Capacidade anual de estéril} + \text{minério} < 60.000.000 \text{ t/anos}$$

$$50.000 \text{ t/anos} < \text{Capacidade anual de minério} < 30.000.000 \text{ t/anos}$$

Uma aplicação da fórmula de Taylor, para a estimativa da vida útil e taxa de produção de uma mina, é mostrada a seguir:

$$L \cong 0,2x(T)^{0,25}$$

$$L \cong (1 \pm 0,2)x6,5(T)^{0,25}$$

A tabela , publicada por TAYLOR (1977) é usada para o cálculo da vida útil da mina

Tabela 5 : Tempo de vida de um depósito

Fonte: Adaptado de Taylor 1977.

Massa do Depósito(Mt)	Vida Útil (anos)	Intervalo da vida útil (anos)	Taxa produção média diária (t/dia)	Intervalo da taxa de produção (t/dia)
0,1	3,5	3-4,5	80	65-100
1	6,5	5,5-7,5	450	400-500
5	9,5	8-11,5	1500	1250-1800
10	11,5	9,5-14	2500	2100-3000

25	14	12-17	5000	4200—6000
50	17	14-21	8400	7000-10000
100	21	17.25	14000	11500-17000
250	26	22-31	27500	23000-32500
350	28	24-33	35000	30000-42000
600	31	26.37	46000	39000-55000
700	33	28-40	60000	50000-72000
1000	36	30-44	80000	65000-95000

Com base as equações apresentadas anteriormente vamos determinar a vida útil e a capacidade ótima da mina (escala de produção) podem ser determinadas, considerando uma reserva de 350.000.000 de toneladas de minério (Projecto Luaxe). Logo:

Com as relações seguintes:

Relação (1)

$$L \cong 0,2x(T)^{0,25}$$

$$L \cong 0,2x(350x10^6 t)^{0,25}$$

$$L \cong 27,3556$$

Relação (2)

$$L \cong (1 \pm 0,2)x6,5(T)^{0,25}$$

$$L \cong (1 \pm 0,2)x6,5(350x10^6 t)^{0,25}$$

$$L \cong 28,1145$$

6.7. Cálculo da vida útil da mina ou vida produtiva da mina

Com os seguintes dados: Reservas lavrável e produção anual.

$$L = \left(\frac{\text{reserva lavravel em milhões de toneladas}}{\text{Produção anual}} \right)$$

$$L = \left(\frac{350.000.000 \text{ t}}{12500000 \text{ t/anos}} \right)$$

$$L = 28$$

Com base na tabela considera-se a vida útil da mina de 28 anos. Assim, calcula-se a produção anual em tonelada/ano:

6.8. Cálculo do ritmo de produção (Mt/anos)

$$\text{Ritmo de produção (Mt/anos)} = \left(\frac{\text{reserva lavravel em milhões de toneladas}}{\text{vida útil média da mina (anos)}} \right)$$

$$\text{Ritmo de produção (Mt/anos)} = \left(\frac{350.000.000 \text{ t}}{28 \text{ anos}} \right)$$

$$\text{Ritmo de produção (Mt/anos)} = 12.500.000$$

$$\text{Ritmo de produção (Mt/anos)} = 5,63 \times (\text{Reservas} - t)^{0,756}$$

$$\text{Ritmo de produção (Mt/anos)} = 5,63 \times (350.000.000)^{0,756}$$

$$\text{Ritmo de produção (Mt/anos)} = 16.211.523,73$$

Usando as estimativas de produção anual – apresentadas por MACKENZIE e DOGGETT (2000) ambos os Ritmo de produção (Mt/anos) são aceitáveis porque os valores correspondem aos intervalos (50.000 t/anos - 30.000.000 t/anos).

6.9. Cálculo do ritmo de produção (t/dia)

$$C_{st} = 0,0143 \times (T_{st})^{0,75}$$

$$C_{st} = 0,0143 \times (350 \times 10^6)^{0,75}$$

$$C_{st} = 36592,0776 \text{ t/d}$$

$$C_{st} = \frac{T_{st}}{D_{wy} \times L}$$

$$C_{st} = \frac{350000000 \text{ t}}{365 \times 28 \text{ dias}} = 34246,5753 \text{ t/dia}$$

Ao consultar a tabela a produção em (tonelada/dia) está situada no intervalo correspondente (32000 – 42000 t/d).

6.10. Determinação Valor Presente Líquido (VPL) ou Valor Actual Líquido VAL (Luaxe)

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \left(\frac{\text{fluxo de caixa}}{(1+i)^t} \right)$$

Sendo:

FC_t = fluxo de caixa no ano t.

I_0 = investimento inicial.

i = taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade.

n = número total de anos no projecto.

$$VPL = (R_0 - C_0) + \frac{(R_1 - C_1)}{(1+i)^1} + \frac{(R_2 - C_2)}{(1+i)^2} + \frac{(R_3 - C_3)}{(1+i)^3} + \dots + \frac{(R_n - C_n)}{(1+i)^n}$$

Sendo:

Investimento Inicial = $(R_0 - C_0)$

C = Custos anuais

R = receitas anuais

A fórmula anterior pode ser simplificada do seguinte modo:

A determinação do valor actual líquido do projeto Luaxe de mineração segundo os dados da tabela, cujos custos de exploração ocorreram nos anos 2018 á 2022 considerando uma taxa de desconto de 25%. Portanto, o VAL é obtido da seguinte forma:

Tabela 6 : Projecção dos dados operacionais 2018-2022 (projecto Luaxe)
Fonte :Luaxe

Tempo operacional (anos)	2018	2019	2020	2021	2022	Total
Diamantes Recuperados (Cts)	95,000	100,000	1,000,000	2,500,000	5,000,000	9,645,000

Diamantes Comercializados (Cts)	95,000	100,000	1,000,000	2,500,000	5,000,000	9,645,000
Receitas Bruta (U\$D)	95,000,000	100,000,000	195,000,000	250,000,000	500,000,000	1140,000,000
	0	0	0	0	0	0

Tabela 7: dos parâmetros económicos projecto Luaxe
Fonte: Luaxe

INVESTIMENTO - PERSPECTIVA (2018 - 2022)				
2018	2019	2020	2021	2022
57.505.577 USD	38.552.572 USD	38.552.572 USD	38.552.572 USD	38.552.572 USD

6.11. Determinação dos Custos anuais

$$C_n = R_n - I_n$$

$$C_0 = 57.505.577$$

$$C_1 = 100.000.000 - 38.552.572 = 61.447.428$$

$$C_2 = 195.000.000 - 38.552.572 = 156.447.428$$

$$C_3 = 250.000.000 - 38.552.572 = 211.447.428$$

$$C_4 = 500.000.000 - 38.552.572 = 461.447.428$$

6.12. Fluxo de Caixa

$$FC_n = R - C$$

$$FC_0 = 0 - 57.505.577 = -57.505.577$$

$$FC_1 = 100.000.000 - 61.447.428 = 38.552.572$$

$$FC_2 = 195.000.000 - 156.447.428 = 38.552.572$$

$$FC_3 = 250.000.000 - 211.447.428 = 38.552.572$$

$$FC_4 = 500.000.000 - 461.447.428 = 38.552.572$$

Tabela 8: dos parâmetros económicos fluxo de caixa.
Fonte: Autor

Ano	Receitas (USD)	Custos (USD)	Fluxos de caixa (USD)
2018	0	57.505.577	-57.505.577
2019	100.000.000	61.447.428	38.552.572
2020	195.000.000	156.447.428	38.552.572
2021	250.000.000	211.447.428	38.552.572
2022	500.000.000	461.447.428	38.552.572
Total	1.045.000.000	948.295.289	96.704.711

$$VAL = (R_0 - C_0) + \frac{(R_1 - C_1)}{(1+i)^1} + \frac{(R_2 - C_2)}{(1+i)^2} + \frac{(R_3 - C_3)}{(1+i)^3} + \dots + \frac{(R_n - C_n)}{(1+i)^n}$$

$$VAL = (-57.505.577 \text{ USD}) + \frac{(38.552.572 \text{ USD})}{(1+25\%)^1} + \frac{(38.552.572 \text{ USD})}{(1+25\%)^2} + \frac{(38.552.572 \text{ USD})}{(1+25\%)^3} + \frac{(38.552.572 \text{ USD})}{(1+25\%)^4}$$

$$VAL = 91.045.754 \text{ USD}$$

Um VAL positivo mostra que o investimento do projeto Luaxe é atrativo, quando comparado a outras oportunidades de investimento, porque o valor da empresa resulta maior. Logo, o critério de aceitação do indicador económico pode ser resumido da seguinte forma:

✓ $VAL > 0 \rightarrow$ O projecto é atrativo.

6.13. Análise de Sensibilidade

Os principais critérios de análise de viabilidade empregados sobre o fluxo de caixa do projeto são tempo de retorno, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR).

O tempo de retorno determina o período de tempo necessário para que a cooperativa recupere o valor inicialmente investido. Esse método é amplamente utilizado pelas empresas, devido à sua facilidade de cálculo e ao seu apelo intuitivo.

Sua regra básica é a seguinte: quanto mais tempo a empresa precisar esperar para recuperar o investimento, maior será a probabilidade de perda; em contrapartida, quanto menor for o período de tempo de retorno, menor será a exposição da empresa aos riscos.

O VAL é um critério mais robusto, pois considera o valor do dinheiro no tempo. Para determinar o VAL é necessário identificar uma taxa de juros para descontar os fluxos de caixa, trazendo-os a valor presente, e subtraindo do valor do investimento.

A taxa de desconto utilizada refere-se ao custo de oportunidade ou custo de capital, que se refere ao retorno mínimo requerido pelo empreendimento.

Se o VAL for maior ou igual a zero, o empreendimento apresenta viabilidade, pois garante retorno maior ou igual a seu custo de capital.

Vale ressaltar que o resultado para o VAL e a consequente decisão sobre a aceitação (ou não) do projeto é sensível à taxa de desconto utilizada.

6.14. Cálculo para análise de Sensibilidade unidimensional

$$\text{VAL(é/atrativo)} = (-57.505.577 \text{ USD}) + \frac{(38.552.572 \text{ USD})}{(1+25\%)^1} + \frac{(38.552.572 \text{ USD})}{(1+25\%)^2} + \frac{(38.552.572 \text{ USD})}{(1+25\%)^3} + \frac{(38.552.572 \text{ USD})}{(1+25\%)^4}$$

$$\text{VAL} = 91.045.754 \text{ USD}$$

$$\text{VAL(não/atrativo)} = (-57.505.577 \text{ USD}) + \frac{(38.552.572 \text{ USD})}{(1+56\%)^1} + \frac{(38.552.572 \text{ USD})}{(1+56\%)^2} + \frac{(38.552.572 \text{ USD})}{(1+56\%)^3} + \frac{(38.552.572 \text{ USD})}{(1+56\%)^4}$$

$$\text{VAL} = -286001,9 \text{ USD.}$$

Para o caso do projecto Luaxe, considerando os dados apresentados no quadro a seguir, que consiste em um investimento de 57.505.577 USD que resultará em fluxos anuais de

96.704.711USD por cinco anos. Se a taxa de desconto utilizada for de 25 % por ano, tem-se um VAL de 91.045.754USD

Alterando a taxa de desconto para 56% e mantendo os demais dados inalterados, o VAL calculado para o projeto passa a ser – 286001,9 USD.

Quadro 9: Sensibilidade unidimensional do VPL à taxa de desconto.
Fonte: Autor

Investimento Inicial	57.505.577USD
Fluxo de caixa anual	96.704.711USD
Tempo de duração	5 anos
Taxa de desconto	25%
Valor presente líquido	91.045.754USD

Ao utilizar o VAL como método de análise de sensibilidade, o projeto será aprovado quando considerada a taxa de desconto de 1% à 55% (teremos o projecto Luaxe atrativo), e rejeitado quando a taxa de desconto for de 56% à 100 % (O val não será atrativo). Dessa maneira, constata-se que a taxa de desconto considerada no cálculo do VAL apresenta se como decisiva para a aceitação ou rejeição de projetos.

O VPL de 91.045.754USD significa que investe-se , 57.505.577USD ou compra-se por 96.704.711USD um fluxo de caixa que vale O VPL de 91.045.754 USD significa que se a empresa sem o projecto vale 148551331 , por exemplo, com o projeto ela vale 148551331. Significa que os acionistas ficarão 91.045.754USD mais ricos.

7. CAPÍTULO VII- CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais do trabalho, acerca da aplicação de equações presentes na literatura a depósitos minerais Angolanos (projecto Luaxe) e da geração de novas equações com o intuito de propor a taxa de produção ótima para exploração de depósitos em fases prematuras do projeto, quando ainda há pouca informação disponível.

7.1 CONCLUSÃO

A base de informações utilizada neste projecto apresentou diversas limitações, visto que somente as reservas foram consideradas aptas no cálculo da vida útil da mina e com o investimento iniciais e as receitas anuais, foi possível determinar o valor presente Líquido do projeto Luaxe no período de 5 anos, entretanto, para reproduzir uma expectativa de produção.

As diversas propostas de autores internacionais para estimativa da vida útil e a produção, apresentaram uma boa aderência ao projeto em estudo. As equações aplicadas na maior parte dos eventos atingiram os mesmos resultados na prática feita pelos especialistas do projecto e obtive a máxima de aproximação com caso real se tivesse, mas informações disponíveis o estudo seria mais complexo.

O estudo feito encontrou uma vida para o projecto luaxe de 28 anos com uma reserva de 350.000.000t uma taxa para produção anual de aproximadamente 12.500.000 t/anos e uma taxa produção diária de aproximadamente 34246,5753t/dia e um Val de 91.045.754USD.

Portanto conclui-se que as equações de previsibilidade apresentaram bons resultados ao projecto é possível a sua utilização em novos projectos.

7.2. RECOMENDAÇÕES

Uma vez determinada a vida útil da mina e o VPL, recomenda-se o seguinte:

A Utilização deste projecto para determinação da vida útil e o VPL de novos projecto mineiro.

Aos colegas do Curso engenharia de minas o aprofundamento deste estudo, para melhorar o que está bem, com isso fazer uma análise multidimensional.

Para as empresas precisa-se de maior confiabilidade, transparência e comprometimento das mesmas ao preencher os dados oficiais (Relatórios Anuais de Lavra) para facilitar os estudos feitos pelos estudantes.

7.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]-ANDRADE, Maria M. de. Introdução à Metodologia do Trabalho Científico. 7 ed. 2 reimp. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2006. 174 p.
- [2]-ANNELS, Alwyn E. Mineral Deposit Evaluation: A Practical Approach. London: Chapman & Hall, 1991. 436 p.
- [3]-BUARQUE, Cristovam. Avaliação Econômica de Projetos: Uma Apresentação Didática. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1984. 266 p.
- [4]-CIM DEFINITION STANDARDS – For Mineral Resources and Mineral Reserves. Disponível em: <<http://www.cim.org>>. Acesso em: 12/01/2011.
- [5]-CURI, Adilson. Apostila de Projeto de Mineração / Planejamento de Lavra. Ouro Preto: Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, 2009. 102 p.
- [7]-Arnold, U., & Yildiz, Ö. (2015). Economic risk analysis of decentralized renewable energy infrastructures - A Monte Carlo Simulation approach. *Renewable Energy*, 77(1), 227–239.
- [8]-Aven, T. (2016). Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*, 253(1), 1–13.
- [9]-Banco de Portugal (2019). Boletem Económico junho 2019. Consultado em julho de 2019. Disponível em: https://www.bportugal.pt/sites/default/files/anexos/pdf_boletim/be_jun2019_p.pdf
- [10]-Batra, R., & Verma, S. (2017). Capital budgeting practices in Indian companies. *IIMB Management Review*, 29(1), 29–44.
- [11]-Benallou, O., & Aboulaich, R. (2017). Improving capital budgeting through probabilistic approaches. *Review of Pacific Basin Financial Markets and Policies*, 20(03), 1750018 (21).
- [12]-Bennouna, K., Meredith, G. G., & Marchant, T. (2010). Improved capital budgeting decision making : evidence from Canada, *Management Decision*, 48(2), 225–247.
- [13]-Black, F., & Scholes, M. (1973). The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, 81(3), 637–654.

- [14]- Block, S. (1997) Capital budgeting techniques used by small business firms in the 1990s. *The Engineering Economist*, 42(4), 289–302.
- [15]-Block, S. (2007). Are “real options” actually used in the real world? *The Engineering Economist*, 52(3), 255–267.
- [16]-Block, S. (2011). Does the weighted average cost of capital describe the real world approach to the discount rate? *The Engineering Economist: A Journal Devoted to the Problems of Capital Investment*, 56(2), 170–180.
- [17]-Burns, R., & Walker, J. (2009). Capital budgeting surveys: the future is now. *Journal of Applied Finance (Formerly Financial Practice and Education)*, 19(1–2), 78-90.
- [18]- Arnold, U., & Yildiz, Ö. (2015). Economic risk analysis of decentralized renewable energy infrastructures - A Monte Carlo Simulation approach. *Renewable Energy*, 77(1), 227–239.
- [19]- Aven, T. (2016). Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*, 253(1), 1–13.
- [20]-Banco de Portugal (2019). Boletem Económico junho 2019. Consultado em julho de 2019. Disponível em: https://www.bportugal.pt/sites/default/files/anexos/pdf-boletim/be_jun2019_p.pdf
- [21]- Batra, R., & Verma, S. (2017). Capital budgeting practices in Indian companies. *IIMB Management Review*, 29(1), 29–44.

PÁGINA DE INTERNET

at: <https://www.researchgate.net/publication/338517555>

ANEXOS (A)

Fonte: google



Fonte: google



APÊNDICE

Projeção dos dados operacional 2019-2020

Fonte: Projecto Luaxe

Ano	Designação	Cat - E42	Luaxe
2019	Esteril Removido (m ³)	1,010,000	4,050,000
	Minério Extraído (m ³)	547,000	105,000
	Minério Tratado (m ³)	595,238	110,000
	Diamantes Recuperados (Cts)	573,000	100,000
	Diamantes Comercializados (Cts)	835,954	100,000
	Receitas Bruta (U\$D)	36,364,000	100,000,000
2020	Esteril Removido (m ³)	390,000	6,000,000
	Minério Extraído (m ³)	380,000	910,000
	Minério Tratado (m ³)	502,381	953,333
	Diamantes Recuperados (Cts)	485,000	1,950,000
	Diamantes Comercializados (Cts)	520,529	1,950,000
	Receitas Bruta (U\$D)	22,643,000	195,000,000
2021	Esteril Removido (m ³)		6,000,000
	Minério Extraído (m ³)		910,000
	Minério Tratado (m ³)		953,333
	Diamantes Recuperados (Cts)		2,250,000
	Diamantes Comercializados (Cts)	104,414	2,250,000
	Receitas Bruta (U\$D)	4,542,000	250,000,000
2022	Esteril Removido (m ³)		
	Minério Extraído (m ³)		
	Minério Tratado (m ³)		
	Diamantes Recuperados (Cts)		5,000,000
	Diamantes Comercializados (Cts)		5,000,000
	Receitas Bruta (U\$D)		500,000,000