



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - UFOP
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS - DEMIN



MARCOS VINÍCIUS MINETE

**VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROJETOS DE LAVRA DE QUARTZITO:
ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DAS VARIÁVEIS CRÍTICAS RECUPERAÇÃO
MÉDIA DE LAVRA E PREÇO DE VENDA.**

**Ouro Preto – MG
2023**

MARCOS VINÍCIUS MINETE

VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROJETOS DE LAVRA DE QUARTZITO: ANÁLISE
DE SENSIBILIDADE DAS VARIÁVEIS CRÍTICAS RECUPERAÇÃO MÉDIA DE
LAVRA E PREÇO DE VENDA.

Monografia submetida à apreciação da banca examinadora de graduação em Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte dos requisitos necessários para a obtenção de grau de Bacharel em Engenharia de Minas.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Ribeiro Souza.



FOLHA DE APROVAÇÃO

Marcos Vinícius Minete

Viabilidade econômica de projetos de lavra de quartizito: Análise de sensibilidade das variáveis críticas Recuperação Média e Preço de Venda

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Minas

Aprovada em 14 de dezembro de 2023

Membros da banca

Dr. - Felipe Ribeiro Souza - Orientador(a) Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. - Juliano Tessinari Zagôto - Instituto Federal do Espírito Santo
Eng.º - Yolacir Santos - Agência Nacional de Mineração

Felipe Ribeiro Souza, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 18/01/2024



Documento assinado eletronicamente por **Felipe Ribeiro Souza, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/01/2024, às 09:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0654202** e o código CRC **15DC648C**.

AGRADECIMENTOS

Desejo começar expressando minha profunda gratidão a Deus, por conceder-me saúde, fé, coragem e determinação para enfrentar todos os desafios ao longo deste percurso e permitir-me chegar até este ponto.

Quero expressar meu enorme agradecimento à minha família, amigos e, de maneira especial, aos meus pais, Aparecida e Aguinaldo, pela paciência e compreensão nos momentos em que não pude estar presente, sempre me apoiando de maneira incondicional.

Também sou imensamente grato pelo companheirismo e amizade de todos os moradores e ex-alunos da República dos Deuses, com quem tive o privilégio de conviver. A interação com vocês tornou esta jornada ainda mais especial e inesquecível.

Quero manifestar meu agradecimento à Agência Nacional de Mineração (ANM), gerência regional do Espírito Santo, e à Mineração K3, desejo expressar minha profunda gratidão pela experiência profissional valiosa que agregaram à minha formação acadêmica. As orientações e conselhos recebidos foram fundamentais para o meu crescimento tanto no âmbito acadêmico quanto pessoal.

Por último, minha imensa gratidão se estende a todos que participaram dessa jornada, pois ela foi de extrema importância para o meu amadurecimento. Cada indivíduo que cruzou o meu caminho deixou uma marca positiva e contribuiu de alguma forma para o meu desenvolvimento.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi conduzir uma avaliação da viabilidade econômica da extração de rochas ornamentais, combinada com uma análise de sensibilidade de variáveis estratégicas em um estudo de caso realizado numa pedreira de quartzito. Para compilar informações, foram empregadas diversas ferramentas, como pesquisas bibliográficas, análises de mercado, orçamentos, projetos, coleta de dados, além da apuração e análise dos resultados obtidos.

Com base nas métricas financeiras examinadas, constatou-se que o projeto é altamente viável, apresentando um Valor Presente Líquido de R\$ 3.384.204,06 e um tempo de retorno do investimento (payback) de dois anos. Adicionalmente, foi analisado o impacto das variáveis, o preço médio de venda e a recuperação média na lavra, no valor de retorno do empreendimento (VPL), bem como em aspectos ambientais do projeto. Esses resultados evidenciam que o investimento na extração de rochas ornamentais, especialmente no quartzito, é mais atraente do que as opções disponíveis no mercado financeiro, o que o torna um empreendimento promissor e lucrativo.

Palavras-chave: Viabilidade econômica, Análise de sensibilidade, Rochas ornamentais, Pedreira, Quartzito.

A B S T R A C T

The objective of this Final Course Paper was to conduct an economic feasibility assessment of ornamental rock extraction, combined with a sensitivity analysis of strategic variables in a case study conducted at a quartzite quarry. To compile information, various tools were employed, such as bibliographic research, market analysis, budgeting, projects, data collection, and the calculation and analysis of the obtained results.

Based on the examined financial metrics, it was found that the project is highly viable, presenting a Net Present Value (NPV) of R\$ 3,384,204.06 and a two-year payback period. Additionally, the impact of variables such as average selling price and average extraction recovery on the NPV was analyzed, along with environmental aspects of the project. These results indicate that investing in ornamental rock extraction, especially quartzite, is more appealing than available options in the financial market, making it a promising and profitable venture.

Keywords: Economic feasibility, Sensitivity analysis, ornamental rock, Quarry, Quartzite.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Bloco de quartzito.....	20
Figura 2: Aplicação do quartzito maciço.....	20
Figura 3: Quartzito foliado.	21
Figura 4: Lavra em poço.....	23
Figura 5: Lavra do tipo fossa e poço.	23
Figura 6: Subdivisão dos filões e individualização do quadrote.	25
Figura 7: Boca de lobo.	26
Figura 8: Lavra por desabamento.	27
Figura 9: Lavra subterrânea de mármore.....	29
Figura 10: Lavra de matacões.....	30
Figura 11: Metodologia aplicada.	37
Figura 12: Perfuração do maciço.	38
Figura 13: Desmonte de bancada (PAEs fornecidos).	39
Figura 14: Operações finais de lavra (PAEs fornecidos).....	40
Figura 15: Dimensões da bancada.....	41
Figura 16: Análise de Sensibilidade Geral.	55
Figura 17: Análise de sensibilidade do preço.....	56
Figura 18: Análise de sensibilidade da recuperação média.	57
Figura 19: Análise de sensibilidade com relação ao estéril.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Mão de obra.	45
Tabela 2: Investimento inicial.	46
Tabela 3: Depreciação.	46
Tabela 4: Custo do óleo diesel.	48
Tabela 5: Custos operacionais totais.	50
Tabela 6: Faturamento.	50
Tabela 7: Fluxo de Caixa.....	52
Tabela 8: Análise de Sensibilidade Geral.....	64

LISTA DE SIGLAS

ANM	Agência Nacional de Mineração
CAPEX	Capital Expenditure
CFEM	Compensação Financeira pela Exploração Mineral
CM	Código de Mineração
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
FC	Fluxo de Caixa
GU	Guia de Utilização
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
MME	Ministério de Minas e Energia
NBR	Norma Brasileira
NPV	Net Present Value
PAE	Plano de Aproveitamento Econômico
PFM	Plano de Fechamento de Mina
PIS	Programa de Integração Social
RAL	Relatório Anual de Lavra
RCL	Requerimento de Lavra ou Requerimento de Concessão de Lavra
RFP	Relatório Final de Pesquisa
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Formulação do Problema	11
1.2	Justificativa.....	12
1.3	Objetivos	13
1.3.1	Objetivo Geral.....	13
1.3.2	Objetivos Específicos	14
1.4	Estrutura do Trabalho.....	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	Legislação mineral	15
2.2	Rochas ornamentais e de revestimento	18
2.2.1	Quartzito	19
2.3	Métodos de lavra de rochas ornamentais	21
2.3.1	Lavra de maciços rochosos	22
2.3.2	Lavra de matacões	29
2.4	Viabilidade econômica do empreendimento.....	30
2.4.1	Amortização.....	31
2.4.2	Taxa mínima de atratividade	31
2.4.3	Taxa interna de retorno	31
2.4.4	Payback descontado	32
2.4.5	Valor Presente Líquido	32
2.5	Análise de sensibilidade.....	33
2.5.1	Preço de venda.....	34
2.5.2	Recuperação média de lavra	35
2.5.3	Estéril.....	35
3	METODOLOGIA.....	36
3.1	Análise dos dados	36
4	RESULTADOS	38
4.1	Método de lavra	38
4.2	Dimensionamento dos equipamentos e obras auxiliares	40
4.2.1	Máquina de fio diamantado e gerador	40
4.2.2	Perfuratriz (fundo furo).....	43
4.2.3	Compressor	43
4.2.4	Carregadeira.....	44
4.2.5	Escavadeira	44

4.2.6	Pau de carga	44
4.2.7	Caminhão caçamba.....	44
4.2.8	Construções civis.....	45
4.3	Dimensionamento da mão de obra	45
4.4	Investimento inicial.....	46
4.4.1	Depreciação dos equipamentos e construções auxiliares.....	46
4.5	Amortização	47
4.6	Custos operacionais.....	47
4.6.1	Custos variáveis	48
4.6.2	Custos fixos	49
4.6.3	Custos operacionais totais.....	50
4.7	Receita estimada	50
4.8	Viabilidade econômica do empreendimento.....	50
4.8.1	Fluxo de caixa.....	50
4.8.2	Taxa mínima de atratividade	53
4.8.3	Payback descontado	53
4.8.4	Valor presente líquido.....	53
4.8.5	Taxa interna de retorno	54
4.9	Análise de sensibilidade.....	54
4.9.1	Preço de venda.....	56
4.9.2	Recuperação média.....	56
4.9.3	Estéril.....	58
5	CONCLUSÃO.....	59
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
	APÊNDICE.....	64

1 INTRODUÇÃO

Definida pela NBR150212:2013 as rochas ornamentais são materiais pétreos naturais, utilizados em revestimentos internos e externos, estruturas, elementos de composição arquitetônica, decoração, mobiliário e arte funerária. As rochas ornamentais e de revestimento representam o quinto bem mineral mais exportado pelo Brasil, atrás do ferro, cobre, ferro-ligas e ouro, evidenciando a relevância desse segmento na indústria mineral brasileira. Adicionalmente, o Brasil se destaca como o quarto maior produtor e o sexto maior exportador mundial de rochas ornamentais. No entanto, é crucial compreender que os produtos comerciais derivados dessas rochas ornamentais não devem ser tratados como commodities, mas sim como produtos manufaturados. Portanto, investimentos em tecnologia para lavra e beneficiamento são de extrema importância para garantir a continuidade da tradição das rochas ornamentais no mercado (COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS, 2019).

As rochas ornamentais e de revestimento, como o quartzito, possuem diversas aplicações na construção civil e no design de interiores. Elas encontram aplicações em revestimentos de fachadas, pisos, bancadas e diversos outros elementos arquitetônicos (FRASCÁ, 2014).

Na indústria de rochas ornamentais e de revestimento, a maioria dos avanços tecnológicos tem se concentrado principalmente nos estágios de beneficiamento. Por outro lado, a introdução de novas tecnologias na fase de extração tem progredido de maneira mais lenta. Isso inclui a adoção de máquinas com fio diamantado de diferentes potências, o uso de bolsas de ar para o tombamento de bancadas, perfuratrizes hidráulicas e elétricas de maior desempenho, entre outras inovações. A extração de quartzitos maciços em formato de blocos é um processo que surgiu recentemente e está em constante evolução. Isso se deve ao fato de que somente com o desenvolvimento de novas tecnologias e avanços na pesquisa mineral foi possível confirmar a viabilidade técnica e econômica desse tipo de empreendimento (BINDA, 2021).

A análise econômica desempenha o papel de fornecer, por meio de técnicas especializadas, os indicadores financeiros que ajudam a determinar se é apropriado

ou não investir em um projeto específico. Essas metodologias de avaliação são interdependentes, pois não existe um único modelo que possa ser aplicado a todas as diferentes questões que surgem na tomada de decisões (VIDAL; MARQUES; ALENCAR, 2014).

Nesse cenário, este trabalho tem como objetivo principal realizar uma análise detalhada da viabilidade financeira da extração de quartzito, evidenciando um estudo de caso. O quartzito que hoje é um material que está ganhando um destaque no mercado de rochas ornamentais (BINDA, 2021).

O estudo baseia-se em uma análise que consiste nos dados fornecidos pela empresa Mineração K3, juntamente com informações oriundas de projetos como o Plano de Aproveitamento Econômico (PAE).

O PAE, por sua vez, descreve um projeto conceitual para a exploração dos recursos minerais que já receberam aprovação no Relatório Final de Pesquisa. Este plano engloba aspectos que vão desde a metodologia de mineração a ser adotada até a avaliação técnico-econômica do empreendimento de mineração (SANTOS, 2023).

Com os dados disponíveis, foi elaborada uma análise econômica que se concentra na sensibilidade de duas variáveis consideradas importantes que são a recuperação média de lavra e o preço médio do produto.

1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A mineração desempenha um papel vital nas economias de diversas nações, gerando empregos, receitas fiscais e apoiando o crescimento industrial. No entanto, é incontestável que essa atividade pode acarretar impactos ambientais substanciais e ter implicações sociais negativas. Portanto, é de extrema importância conduzir uma análise detalhada dos projetos de mineração, com ênfase na avaliação de sua viabilidade econômica. Isso se torna uma parte essencial do processo de tomada de decisão.

A análise econômica de projetos de mineração engloba uma avaliação completa dos custos relacionados à implantação, operação e manutenção, ao mesmo tempo em que projeta os possíveis lucros ao longo do tempo. Além disso, leva em conta variáveis externas, como a volatilidade nos preços, alterações na

regulamentação e preocupações socioambientais, desempenhando um papel fundamental nesse processo.

Realizando uma análise econômica minuciosa, é viável descobrir maneiras de melhorar a eficiência dos projetos, reduzir os riscos financeiros e sociais, e assegurar a alocação adequada dos recursos. Ter uma visão completa do empreendimento permite aos tomadores de decisão adotar estratégias que promovem o desenvolvimento sustentável da indústria mineral.

Além disso, uma análise econômica robusta pode oferecer maior confiabilidade aos investidores, tornando o setor de mineração mais atraente para investimentos nacionais e estrangeiros. Isso pode iniciar um ciclo positivo de expansão econômica, estimulando a cadeia produtiva e ampliando as receitas fiscais, que, por sua vez, podem ser direcionadas para melhorias em infraestrutura, educação e saúde.

1.2 JUSTIFICATIVA

A avaliação econômica desempenha um papel de extrema relevância na análise de qualquer empreendimento na área de mineração. Garantindo, além da segurança do investimento da empresa, a sustentabilidade da indústria de mineração.

Primeiramente, a avaliação econômica possibilita uma análise completa dos custos e benefícios associados aos projetos de mineração. Isso implica em uma avaliação minuciosa dos investimentos necessários para estabelecer e operar uma mina, bem como a projeção dos retornos financeiros ao longo do tempo. Ao ter uma compreensão aprofundada dos aspectos financeiros do empreendimento, os responsáveis pela tomada de decisões podem identificar oportunidades para melhorias, otimizando a eficiência dos processos e maximizando o retorno sobre o investimento.

Outro ponto de grande importância é que os investidores não estão apenas interessados nos recursos minerais disponíveis, mas também com uma exigência cada vez mais responsável sobre sua forma de atuar da empresa de mineração perante a sociedade, as organizações se deparam frente a uma propagação do termo ESG pelo mercado financeiro, e que traz também a rediscussão do conceito da sustentabilidade empresarial frente a sociedade. Ao apresentar dados sólidos e projeções realistas, as chances de atrair investimento nacional e estrangeiro

aumentam consideravelmente. Esse influxo de capital pode impulsionar o crescimento econômico do país, gerando empregos, estimulando a cadeia produtiva e aumentando a arrecadação de impostos.

Além disso, a responsabilidade socioambiental é um fator crítico. A avaliação econômica não considera apenas os aspectos financeiros, mas também os impactos sociais e ambientais do projeto de mineração. Com uma análise minuciosa, levando em conta a sensibilidade da recuperação média de lavra, é possível adotar medidas que contribuam para a sustentabilidade do projeto, promovendo o bem-estar das comunidades locais e a preservação do meio ambiente. Dessa forma, é possível evitar conflitos sociais, minimizar danos ambientais e garantir uma atuação responsável por parte da mineração.

O quartzito, uma rocha composta principalmente de sílica, às vezes possui propriedades tecnológicas notáveis, como alta resistência. Nestes casos, é possível extrair blocos de quartzito que podem ser posteriormente transformados em chapas regulares. Essas chapas podem ser utilizadas em várias aplicações funcionais, como revestimento de fachadas, painéis, tampos de pias e balcões, entre outros.

Portanto, a análise da viabilidade técnica e econômica da lavra de quartzito é uma abordagem justificada devido ao seu significativo impacto nas esferas econômicas, ambientais e sociais. Essa análise oferece informações cruciais para embasar as decisões, visando ao êxito do projeto, à otimização dos retornos financeiros e à promoção do desenvolvimento sustentável da indústria de mineração.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Consiste em realizar um estudo da viabilidade financeira de um projeto de mineração de quartzito, considerando a análise de sensibilidade das variáveis preço médio de venda e recuperação média de lavra e como a oscilação delas afeta diretamente os parâmetros econômicos analisados.

1.3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos foram:

- Realizar uma análise sucinta da legislação mineral com o propósito de fundamentar a avaliação de viabilidade econômica e conduzir uma revisão dos métodos de lavra de rochas ornamentais;
- Abordar a relevância das análises de viabilidade financeira e do Plano de Aproveitamento Econômico de rochas ornamentais;
- Apresentar um estudo de viabilidade econômica por meio de um estudo de caso e analisar o comportamento dos parâmetros econômicos com a oscilação de variáveis críticas do projeto.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

No primeiro capítulo, este trabalho inicia com uma breve introdução, onde se apresenta a avaliação da viabilidade financeira da extração de quartzito. Isso inclui a formulação do problema, a justificativa, os objetivos gerais e específicos e a estrutura geral do trabalho.

No segundo capítulo, é realizada uma revisão de literatura que abrange as legislações relacionadas à mineração, focando no PAE, além de discutir os métodos de lavra de rochas ornamentais e a análise de investimentos aplicada a este estudo de caso.

No terceiro capítulo, são detalhados os materiais e métodos utilizados na análise de sensibilidade dos parâmetros econômicos oscilando as variáveis recuperação média na lavra e o preço médio de venda em uma pedreira de quartzito.

No quarto capítulo, são apresentados os resultados e as discussões decorrentes. Por fim, no quinto e último capítulo, as conclusões finais deste trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 LEGISLAÇÃO MINERAL

A mineração no Brasil está sujeita à regulamentação federal, uma vez que os recursos minerais, inclusive aqueles encontrados no subsolo, são considerados propriedade da União (BRASIL, 1988). A administração desse patrimônio mineral brasileiro é responsabilidade da Agência Nacional de Mineração (ANM), que foi estabelecida como órgão regulador em 2018. Foi nesse momento que o antigo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), que existia há mais de oitenta anos, foi extinto (BRASIL, 2018).

Nesse contexto e com a supervisão da ANM, a legislação principal que rege a mineração no Brasil refere-se à década de 1967 e foi elaborada durante o período do Regime Militar. O Decreto-Lei 227/1967, que é conhecido popularmente como o Código de Mineração (CM), estabelece em seu artigo 2º os diferentes regimes para o aproveitamento de recursos minerais, que incluem (BRASIL, 1967):

Art. 2º. Os regimes de aproveitamento das substâncias minerais, para efeito deste Código, são:

I - regime de concessão, quando depender de portaria de concessão do Ministro de Estado de Minas e Energia;

II - regime de autorização, quando depender de expedição de alvará de autorização do Diretor-Geral do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM;

III - regime de licenciamento, quando depender de licença expedida em obediência a regulamentos administrativos locais e de registro da licença no Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM;

IV - regime de permissão de lavra garimpeira, quando depender de portaria de permissão do Diretor-Geral do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM;

V - regime de monopolização, quando, em virtude de lei especial, depender de execução direta ou indireta do Governo Federal.

No regime de autorização, a ANM, após analisar o pedido de pesquisa, pode conceder ao solicitante o Alvará de Pesquisa, que autoriza exclusivamente a realização de pesquisas minerais por um período de 1 a 4 anos, com a possibilidade de prorrogação por um período igual (BRASIL, 1967). A pesquisa mineral envolve a realização de trabalhos necessários para identificar a jazida, avaliá-la e determinar sua viabilidade econômica. Além disso, se o interessado desejar realizar atividades de lavra, este pode solicitar à ANM a emissão do instrumento da Guia de Utilização (GU), conforme estabelecido pelo CM e regulamentado pela Resolução nº 37/2020

(BRASIL, 2020). Ao final do prazo, o requerente é obrigado a apresentar à ANM um Relatório Final de Pesquisa (RFP) que contenha os resultados dos trabalhos realizados. Esse relatório pode chegar a uma das seguintes conclusões: i) a viabilidade técnico-econômica da lavra; ii) a ausência da jazida; iii) a inviabilidade momentânea técnico-econômica da exploração, isso devido a fatores conjunturais desfavoráveis (BRASIL, 1967).

Após a análise do RFP pela ANM, este pode ser aprovado, reprovado, sobrestado ou arquivado, dependendo do resultado da pesquisa. Além disso, é importante observar que a partir da obtenção do Alvará de Pesquisa, o titular do direito minerário possui algumas obrigações legais, incluindo o pagamento da taxa anual por hectare, iniciar as atividades de pesquisa dentro de 60 dias e a apresentação do RFP ao final do prazo do Alvará, entre outras (SANTOS, 2023).

Finalmente, se o RFP for aprovado pela ANM, indicando a viabilidade da exploração de um recurso mineral específico, o titular do direito minerário ou seu sucessor terá um prazo de 1 ano para solicitar o Requerimento de Lavra. Importante ressaltar que essa solicitação deve ser feita, obrigatoriamente, por uma pessoa jurídica (BRASIL, 1967). O seu artigo 38 relata o rol dos documentos necessários para instrução do Requerimento de Lavra (BRASIL, 1967):

- I - Certidão de registro, no Departamento Nacional de Registro do Comércio, da entidade constituída;
- II - Designação das substâncias minerais a lavrar, com indicação do Alvará de Pesquisa outorgado, e de aprovação do respectivo Relatório;
- III - denominação e descrição da localização do campo pretendido para a lavra, relacionando-o, com precisão e clareza, aos vales dos rios ou córregos, constantes de mapas ou plantas de notória autenticidade e precisão, e estradas de ferro e rodovias, ou ainda, a marcos naturais ou acidentes topográficos de inconfundível determinação; suas confrontações com autorização de pesquisa e concessões de lavra vizinhas, se as houver, e indicação do Distrito, Município, Comarca e Estado, e, ainda, nome e residência dos proprietários do solo ou posseiros;
- IV - Definição gráfica da área pretendida, delimitada por figura geométrica formada, obrigatoriamente, por segmentos de retas com orientação Norte-Sul e Leste-Oeste verdadeiros, com 2 (dois) de seus vértices, ou excepcionalmente 1 (um), amarrados a ponto fixo e inconfundível do terreno, sendo os vetores de amarração definidos por seus comprimentos e rumos verdadeiros, e configuradas, ainda, as propriedades territoriais por ela interessadas, com os nomes dos respectivos superficiários, além de planta de situação;
- V - Servidões de que deverá gozar a mina;
- VI - Plano de aproveitamento econômico da jazida, com descrição das instalações de beneficiamento;
- VII - prova de disponibilidade de fundos ou da existência de compromissos de financiamento, necessários para execução do plano de aproveitamento econômico e operação da mina.

O processo de obter a autorização para de fato lavrar as reservas provadas/prováveis, e que está vinculado ao regime de concessão, inicia com a apresentação do requerimento de lavra (RCL). Esse pedido deve ser submetido à ANM ou ao Ministério de Minas e Energia (MME), dependendo da substância mineral. Durante o pedido, é necessário fornecer diversos documentos, sendo o mais crucial deles o Plano de Aproveitamento Econômico (PAE). O PAE é o componente central do RCL e representa o documento em que há o projeto conceitual para explorar as reservas minerais provadas/prováveis, previamente aprovadas no RFP. Esse plano abrange desde a metodologia de lavra a ser empregada até a avaliação técnico-econômica do empreendimento de mineração, além de incluir todas as servidões minerais necessárias para o desenvolvimento do projeto (SANTOS, 2023). O artigo 39 do Decreto-Lei 227, de fevereiro de 1967, obriga o PAE a conter (BRASIL, 1967):

- I - Memorial explicativo;
- II - Projetos ou anteprojetos referentes:
 - a) ao método de mineração a ser adotado, fazendo referência à escala de produção prevista inicialmente e à sua projeção;
 - b) à iluminação, ventilação, transporte, sinalização e segurança do trabalho, quando se tratar de lavra subterrânea;
 - c) ao transporte na superfície e ao beneficiamento e aglomeração do minério;
 - d) às instalações de energia, de abastecimento de água e condicionamento de ar;
 - e) à higiene da mina e dos respectivos trabalhos;
 - f) às moradias e suas condições de habitabilidade para todos os que residem no local da mineração;
 - g) às instalações de captação e proteção das fontes, adução, distribuição e utilização da água, em se tratando de água mineral.

Após a aprovação do PAE e dos outros documentos que fazem parte do Requerimento de Lavra, a ANM solicitará ao requerente que ele apresente o devido licenciamento ambiental. Após a apresentação desse licenciamento, pode ser concedida a Portaria de Lavra, seja pela ANM ou pelo MME, autorizando efetivamente o requerente a iniciar suas atividades de lavra (BRASIL, 1967).

A Portaria de Lavra não estipula um prazo específico, o que significa que as atividades de mineração podem continuar até que as reservas provadas e prováveis se esgotem. No entanto, o concessionário tem várias obrigações a cumprir, incluindo a obrigação de comunicar o início das atividades de lavra, a apresentação à ANM do Relatório Anual de Lavra (RAL), elaborar e executar um Plano de Fechamento de Mina

(PFM) ao término do empreendimento, além de pagar à Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM) (SANTOS, 2023).

2.2 ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTO

A rocha ornamental é definida como um “material rochoso natural, submetido a diferentes graus ou tipos de beneficiamento ou afeiçãoamento (bruta, aparelhada, apicoada, flameada, esculpida ou polida), utilizado para exercer uma função estética”, conforme estipulado pela norma NBR 15012:2013. Esta mesma norma também define rocha de revestimento como uma:

rocha natural que, após passar por diversos processos de desdobramento e beneficiamento, é empregada para acabamentos superficiais, especialmente em pisos e fachadas, bem como em projetos de construção civil.

Desde os tempos antigos, as rochas têm sido usadas como elementos estéticos e essa prática persiste até os dias atuais. Mesmo com o desenvolvimento de materiais artificiais que buscam imitar a beleza estética das rochas naturais, estas últimas continuam a ser utilizadas devido à sua durabilidade e singularidade incomparáveis quando aplicadas de maneira apropriada (COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS, 2019).

As rochas são materiais naturais que têm sido utilizados pelo ser humano desde tempos antigos para uma ampla variedade de finalidades. Entre essas finalidades, a utilização das rochas como material de construção se destaca. Inicialmente, as rochas eram principalmente empregadas em funções estruturais ou como elementos de alvenaria em diversos tipos de edifícios (FRASCÁ, 2014).

Com o avanço das técnicas de construção e o desenvolvimento de uma ampla gama de materiais ao longo do tempo, a função das rochas na construção evoluiu. Elas passaram a ser mais utilizadas para revestir superfícies, como pisos, paredes e fachadas. Além disso, as rochas também passaram a desempenhar papéis funcionais, como tampos de pias e balcões, e ornamentais, como na criação de esculturas de arte e peças funerárias (FRASCÁ, 2014).

Comercialmente, o granito e o mármore são as rochas ornamentais mais comuns. No entanto, com o avanço do uso de uma variedade de materiais de rocha e das tecnologias associadas, as categorias de rochas ornamentais se expandiram.

Agora, elas também incluem "quartzitos", "arenitos", "calcários", "travertinos" e "ardósias", entre outras. Cada uma dessas rochas tem suas próprias normas e especificações (FRASCÁ, 2014).

No âmbito mercadológico, o Brasil continua sendo o principal exportador global de rochas para os Estados Unidos, e figura como um dos principais fornecedores para a China. Além do Brasil, outros países como China, Itália, Turquia e Índia também são importantes fornecedores de rochas processadas para os EUA e para o mundo. Nos Estados Unidos, as chapas polidas são principalmente utilizadas no mercado de residências unifamiliares, enquanto os produtos finalizados atendem tanto ao mercado residencial multifamiliar quanto ao setor de construções comerciais. Devido ao histórico da participação brasileira, os EUA permanecem como o principal destino para os produtos brasileiros no mercado internacional (ABIROCHAS, 2018).

No sudeste brasileiro, há uma maior concentração de parques industriais, com destaque para o estado do Espírito Santo, evidenciando a ligação direta entre centros de produção e os locais de consumo dentro da região. Desde 2002, não surgiram novos centros ou sistemas de produção relevantes, mas notou-se um aumento na extração de granitos exóticos (pegmatitos) no norte de Minas Gerais, e principalmente, os quartzitos maciços na Bahia, Ceará e Minas Gerais. No Nordeste, em especial nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, tem-se evidenciado um potencial excepcional para rochas exóticas e calcários maciços (ABIROCHAS, 2018).

2.2.1 Quartzito

O termo "quartzito" é utilizado para descrever rochas metamórficas que se formam a partir da transformação de arenitos e possuem uma granulação que varia de fina a média. Em termos de petrografia, os quartzitos que apresentam um alto grau de recristalização e uma granulação predominantemente fina, compostos principalmente de quartzo, exibem uma textura granoblástica. Eles podem até mesmo ter propriedades tecnológicas, como resistência. Nessas situações, esses quartzitos podem ser extraídos em forma de blocos, permitindo a obtenção de chapas regulares em equipamentos apropriados, seguidas por processos de beneficiamento, como tratamento e polimento, por exemplo (COSTA, 2018). A Figura 1 exemplifica um bloco de quartzito maciço e a Figura 2 a aplicação do quartzito já beneficiado.



Figura 1: Bloco de quartzito.

Fonte: (AUTOR, 2023).



Figura 2: Aplicação do quartzito maciço.

Fonte: (NATURALE GRANITOS E MÁRMORES, 2023).

Ao contrário dos quartzitos maciços, os quartzitos que contêm minerais micáceos orientados, e que exibem cores amareladas a esverdeadas, são bastante comuns e amplamente explorados em vários estados brasileiros. Esses quartzitos são frequentemente utilizados como revestimento e são popularmente conhecidos por diferentes nomes, como "pedra mineira," "pedra São Tomé," "pedra Goiás," entre outros (FRASCÁ, 2014). A Figura 3 apresenta é um exemplo de quartzito micáceo.



Figura 3: Quartzito foliado.

Fonte: (VIDAL et al., 2014).

2.3 MÉTODOS DE LAVRA DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Os métodos de extração de rochas ornamentais podem ser vistos como o conjunto de operações que determinam a ordem e a repetição de tarefas, levando em consideração o tempo para otimizar a exploração de um depósito em processo de desenvolvimento. Isso está diretamente relacionado à sua forma física e à estratégia de avanço definida, com o objetivo de isolar e subdividir os volumes de forma eficiente (VIDAL et al., 2014).

É fundamental destacar que a eficaz implementação do método de lavra é crucial para o processo de mineração. Um método de lavra é considerado bom quando

é seguro, possibilitando alcançar o máximo rendimento econômico, eficiência no aproveitamento da jazida e proteção do ambiente circundante. Portanto, é de extrema importância aplicar o método de forma correta, sendo mais vantajoso optar por um método consistente, bem executado e contínuo, em vez de um método considerado ótimo, que possa ser mal compreendido, aplicado de forma inadequada ou gerenciado de forma ineficiente (ROBSON, 2022).

Dentre os diversos métodos de extração de rochas ornamentais, as seções a seguir oferece uma breve descrição dos métodos mais usuais.

2.3.1 Lavra de maciços rochosos

Os elementos operacionais essenciais na extração de maciços rochosos compreendem degraus (bancadas), a praça principal, praças secundárias, pistas, rampas e as frentes de lavra. Os degraus são a unidade básica da operação, determinados pela altura e superfície da bancada que será desmontada. A praça principal é a área onde ocorre a última etapa de preparação dos blocos e as atividades necessárias para seu transporte, geralmente localizada na parte mais baixa da pedreira. As praças secundárias têm o propósito de apoiar as operações de desmonte. As pistas e rampas funcionam como conexões entre as praças e para o transporte dos blocos e maquinários. A frente geral é a delimitação ampla da área de mineração, enquanto a frente de lavra é a área acontecendo as operações unitárias de lavra em um momento específico (CHIODI FILHO, 1995).

2.3.1.1 Lavra do tipo fossa e poço

O método de lavra por fossa é caracterizado por ter um impacto visual reduzido, visto que a área de extração é visível apenas de pontos mais altos. No entanto, uma desvantagem é a probabilidade de atingir facilmente o lençol freático, o que pode demandar bombeamento constante da água do interior da cava. Para acessar a frente de extração, são utilizadas escadas ou guindastes. A aplicação desse método varia conforme diversos aspectos, incluindo as condições geológicas da reserva (REIS; SOUSA, 2003). Observa-se na Figura 4 uma pedreira de lavra em poço, em Portugal.



Figura 4: Lavra em poço.

Fonte: (VIDAL et al., 2014).

Na lavra em poço as rampas laterais apresentam uma inclinação acentuada. Essa estrutura encarece as operações e, conseqüentemente, é considerada uma alternativa menos comum. A pesquisa geológica, principalmente baseada em sondagens, deve ser feita regularmente. Os desafios relacionados a inundações na cava e estabilidade dos taludes são mais pronunciados em comparação com o método de fossa. Além disso, o trabalho nesse contexto é mais perigoso e requer um planejamento extremamente preciso (CHIODI FILHO, 1995).

A Figura 5 exemplifica como é a lavra em poço e em fossa e suas diferenças:

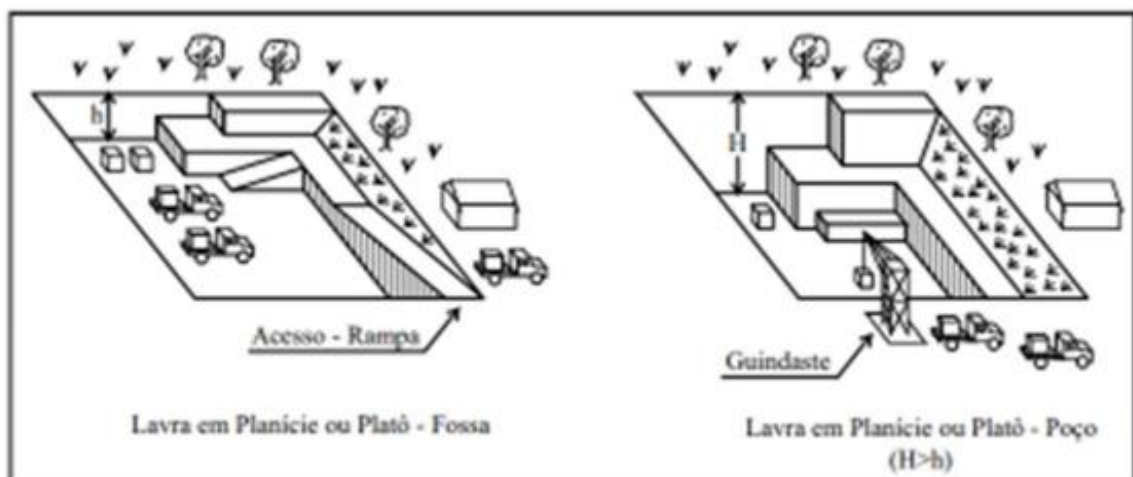


Figura 5: Lavra do tipo fossa e poço.

Fonte: (CHIODI FILHO, 1995).

2.3.1.2 Lavra por bancadas baixas

Esse método envolve na abertura em meia encosta usando bancadas horizontais de baixa altura, garantindo que uma das dimensões do bloco final não exceda 3,0 metros. Isso é crucial para que o bloco final possa ser retirado da área de extração com dimensões adequadas para serem usadas nos teares. É uma abordagem apropriada para materiais homogêneos e oferece flexibilidade na identificação das áreas saudáveis que serão utilizadas na forma de blocos (REIS; SOUSA, 2003).

A extensão horizontal considerável desse método facilita a implementação de mecanização. Essa flexibilidade torna mais fácil o deslocamento de equipamentos, como perfuratrizes e carregadeiras, bem como o manuseio de blocos. Além disso, é uma abordagem que oferece vantagens significativas em termos de segurança no local de trabalho, pois ajuda a prevenir e reduzir de forma substancial o risco de acidentes graves. Adicionalmente, permite um controle minucioso da frente de lavra (REIS; SOUSA, 2003).

2.3.1.3 Lavra por bancadas altas e ultra altas

No método de lavra por bancadas altas o avanço lateral de cada nível segue um padrão em forma de "L", criando corredores que são subdivididos em volumes primários de rocha com forma de paralelepípedo, conhecidos como "quadrotes". Esses "quadrotes" são extraídos em sequência, com cada um avançando lateralmente em relação ao outro, formando a geometria em "L". Ao abrir novas frentes ou níveis, o processo é facilitado ao criar uma "gaveta" na frente para obter superfícies livres no maciço e espaço para operar o fio diamantado. Os "quadrotes" são subdivididos em volumes secundários chamados de "filões". Após serem completamente liberados do maciço rochoso, os filões são depositados em um leito feito de terra e fragmentos de rocha para amortecer o impacto da queda. Depois de serem depositados, os filões passam a ser chamados de "pranchas" devido à posição horizontal que assumem, e então são cortados em blocos de dimensões comercializáveis (VIDAL et al., 2014). A Figura 6 exemplifica como é essa divisão de um "quadrote" em filões.



Figura 6: Subdivisão dos filões e individualização do quadrote.

Fonte: (AUTOR, 2023).

O processo de mineração em bancadas ultra altas é essencialmente semelhante ao método de lavra em bancadas altas, com a principal distinção residindo nas alturas das bancadas em si (que podem chegar até 90 metros de altura) e na abordagem para desmontar o maciço. No método de bancadas ultra altas, são usadas perfuratrizes para criar furos tanto horizontais quanto verticais, minimizando desvios consideráveis. Posteriormente, fios diamantados são inseridos nos furos para efetuar o desmonte do maciço e separar as pranchas. As pranchas são então derrubadas a partir da base das bancadas por meio de estruturas chamadas “bocas de lobo”, que normalmente são materiais detonados para o desmonte da prancha. Um dos principais benefícios da mineração em bancadas ultra altas é a obtenção de maior rendimento na extração de rochas ornamentais, graças ao aumento da altura do talude. Contudo, isso resulta em uma tendência de redução da relação estéril minério (LAURIANO, 2021). A Figura 7 apresenta a preparação da “boca de lobo” utilizada para desmonte.



Figura 7: Boca de lobo.

Fonte: (LAURIANO, 2021).

2.3.1.4 Lavra por desabamento

Em terrenos montanhosos onde há presença de rochas de alto valor, mas que estejam sujeitas a um sistema complexo de fraturas, é possível aplicar um método de mineração chamado de lavra por desabamento. Nesse método, os maciços rochosos são deliberadamente derrubados em grande escala ou de forma seletiva, e posteriormente os fragmentos maiores são selecionados e cortados para produzir blocos. Na Itália, há exemplos de mineração por desabamento amplo e seletivo (CHIODI FILHO, 1995).

No entanto, o método de lavra por desabamento amplo tem uma importância principalmente histórica, uma vez que era amplamente utilizado na extração de mármore antes do advento dos fios diamantados na década de 1920. Operacionalmente, esse método envolve a utilização de grandes quantidades de explosivos em galerias de pequeno diâmetro. A detonação gera uma grande quantidade de material fragmentado, além de alguns blocos grandes e irregulares. O volume de resíduos gerados pode ser até 150% maior do que o volume de rocha extraída, resultando em recuperações de apenas 10 a 15% (CHIODI FILHO, 1995). A

Figura 8 exemplifica uma lavra por desabamento, porém o método não é muito utilizado atualmente.



Figura 8: Lavra por desabamento.

Fonte: (VIDAL et al., 2014).

2.3.1.5 Lavra seletiva

O método de lavra seletiva é usado quando a formação rochosa a ser explorada exibe uma característica específica, que é a presença de diferentes famílias de fraturas com orientações predominantemente perpendiculares entre si. Essas fraturas podem ser utilizadas como planos naturais de divisão das porções de rocha. Por meio de cortes complementares, é possível preparar volumes de rocha que ficam prontos para serem posteriormente cortados e esquadrejados durante as operações unitárias (VIDAL et al., 2014).

Geralmente, a eficiência da lavra seletiva é bastante limitada, o que exige a implementação de procedimentos mais rápidos para avançar com as operações. Isso envolve a utilização de equipamentos que oferecem flexibilidade, potência e alto desempenho, tanto durante a fase de extração quanto no transporte de materiais na pedreira. Em termos gerais, a configuração da pedreira é caracterizada por seus componentes bem definidos, como frentes de lavra, praças, rampas de acesso, locais

de manobra e áreas destinada ao depósito de estéril. A forma das frentes depende da direção das fraturas que naturalmente delimitam a superfície de extração (VIDAL et al., 2014).

2.3.1.6 Lavra subterrânea

O avanço e o desenvolvimento tecnológico na indústria de mineração visam otimizar a exploração de depósitos minerais de alta qualidade. Nesse contexto, há uma tendência interessante em migrar gradualmente da mineração a céu aberto para a mineração subterrânea. Essa transição é impulsionada tanto por motivos econômicos quanto pelas características geológicas dos depósitos minerais. Em certos casos, a mineração subterrânea é adotada para tipos de minerais que, graças ao uso de novas tecnologias, conseguem competir economicamente com os métodos a céu aberto. Além disso, há situações em que materiais de alto valor não é possível sua lavra a céu aberto, nesses casos o método subterrâneo é uma ótima opção (VIDAL et al., 2014).

A lavra subterrânea oferece como uma das principais vantagens de causar um impacto ambiental mínimo na superfície. No entanto, ela traz consigo desafios operacionais significativos, questões geomecânicas complexas, maior risco de acidentes e custos de lavra mais elevado em comparação com a lavra a céu aberto (REIS; SOUSA, 2003). A Figura 9 apresenta uma das maiores pedreiras subterrâneas do mundo, do mármore de Danby, USA.



Figura 9: Lavra subterrânea de mármore.

Fonte: (VIDAL et al., 2014).

2.3.2 Lavra de matacões

Os matacões são pedaços distintos de rochas que se formam devido a ação dos elementos naturais ao longo do tempo. Quando esses matacões são movidos por rolamento, eles assumem uma forma arredondada que é comumente chamada de "acebolamento". A lavra de matacões representa um método menos dispendioso, pois envolve baixos custos para criar acessos, mão-de-obra que não exige grande qualificação e despesas operacionais reduzidas. No entanto, esse método enfrenta desafios significativos em termos ambientais (REIS; SOUSA, 2003).

O esquadreamento dos blocos de matacões é realizado por meio de cunhas manuais ou cunhas pneumáticas. No primeiro caso, o processo é mais demorado e é mais apropriado para matacões de até 100 metros cúbicos de volume (REIS; SOUSA, 2003). A Figura 10 exemplifica um matacão sendo dividido pela técnica do "fogo raiado".



Figura 10: Lavra de matacões.

Fonte: (VIDAL et al., 2014).

2.4 VIABILIDADE ECONÔMICA DO EMPREENDIMENTO

Em termos de análise econômica, as etapas de um empreendimento de mineração podem ser organizadas da seguinte forma: exploração (pesquisa), desenvolvimento (preparação para lavra) e exploração (lavra ou produção). Essas fases apresentam uma correspondência com as etapas de um projeto industrial: a exploração se assemelha à pesquisa realizada em um processo industrial; o desenvolvimento equivale à implementação do projeto utilizando o processo pesquisado; e a exploração se equipara à fase de produção (SOUZA, 1994).

É evidente que a avaliação econômica de um projeto de exploração mineral requer a colaboração de uma equipe multidisciplinar de profissionais, tais como engenheiros, economistas, geólogos, especialistas em tributação, analistas de mercado, entre outros. A qualidade dessa avaliação depende consideravelmente da combinação de conhecimento e experiência presente na equipe responsável pela avaliação (SOUZA, 1994).

A análise econômica se concentra em avaliar os investimentos necessários e os ganhos líquidos resultantes, garantindo que a empresa não participe de um projeto cujos lucros sejam menores que o custo de capital relacionado a ele. Para isso, são

feitas previsões dos gastos iniciais estimados, custos de produção e análises sobre o retorno do investimento (VIDAL; MARQUES; ALENCAR, 2014).

2.4.1 Amortização

A falta de disponibilidade de dinheiro para investir faz com que a empresa adquira um empréstimo. Para quitar essa dívida, ela pode optar por várias maneiras de pagamento, chamadas de sistema de amortização. A amortização é um procedimento financeiro no qual uma obrigação é gradualmente quitada através de pagamentos regulares, de modo que, ao final do período determinado, o débito seja completamente quitado (MOURA, 2009).

O Sistema Price é o mais comum quando se trata de amortização este sistema recebeu tal nomenclatura em honra ao economista inglês Richard Price que incorporou a teoria de juro composto nas amortizações de empréstimo. Esse método é conhecido por efetuar o pagamento de empréstimos em parcelas iguais, regulares e consecutivas. É amplamente utilizado por instituições financeiras quanto pelo comércio em geral. Cada prestação inclui uma parte referente aos juros e a outra destinada à amortização da dívida. À medida que o débito é reduzido, as prestações permanecem constantes, o que implica na diminuição dos juros e, por consequência, no aumento das parcelas destinadas à amortização (MOURA, 2009).

2.4.2 Taxa mínima de atratividade

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) é uma taxa de juros que pode ser estabelecido com base na política financeira de cada empresa. No entanto, a seleção ou definição da TMA é de extrema relevância ao decidir como alocar recursos em projetos de investimento. Em outras palavras, a TMA é fundamental para avaliar a viabilidade dos projetos, pois influencia diretamente na decisão de investir em determinadas oportunidades (SCHROEDER et al., 2005).

2.4.3 Taxa interna de retorno

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é uma taxa ilusória de desconto que quando utilizada para calcular o valor presente líquido (VPL) de um fluxo de caixa, torna os

montantes dos gastos equivalentes aos retornos dos investimentos, ambos trazidos ao valor presente. Em outras palavras, a TIR representa a taxa de rentabilidade na qual o investimento não geraria nem lucro nem prejuízo, tornando o valor presente líquido igual a zero (FERREIRA; ANDRADE, 2010).

Assim, a TIR é a taxa necessária para igualar o valor de um investimento (valor presente) com os seus respectivos retornos futuros ou saldos de caixa gerados em cada período. Sendo usada em análise de investimentos, significa a taxa de retorno de um projeto (FERREIRA; ANDRADE, 2010).

2.4.4 Payback

Como definição payback é o tempo que leva para recuperar o montante de capital investido por meio dos incrementos líquidos de caixa gerados pelo investimento. Em outras palavras, é o período necessário para que os benefícios financeiros provenientes do projeto compensem o valor inicial investido. O payback é uma métrica importante para avaliar a rapidez com que um projeto pode gerar retorno financeiro e é comumente usados como critério de decisão em investimentos, onde projetos com o payback mais curto são considerados mais atrativos em termos de recuperação do capital investido (MARIN, 2015).

O cálculo do payback é realizado de maneira simples, somando-se os fluxos de caixa líquidos gerados durante o período operacional até que o valor acumulado seja igual ou maior ao montante do investimento inicial. Quanto menor o valor encontrado, mais rápido ocorrerá a recuperação do investimento, o que é considerado um indicador positivo na avaliação de projetos (FERREIRA; ANDRADE, 2010).

2.4.5 Valor Presente Líquido

O Valor Presente Líquido (VPL), também conhecido como Valor Atual Líquido, é uma abordagem que visa trazer todos os ganhos e gastos futuros de um empreendimento ou projeto de investimento para os dados iniciais do cálculo. Isso é feito através da aplicação de uma taxa de desconto, que normalmente é a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) adotada pela empresa ou projeto. Em outras palavras, o método do Valor Presente Líquido permite avaliar o valor atual de um investimento,

levando em conta a importância do tempo e dos fluxos de caixa ao longo do período de análise (VIDAL; MARQUES; ALENCAR, 2014).

O VPL é uma ferramenta que permite trazer os valores futuros de um projeto de investimento para o valor atual, representado pelo valor corrente atual da moeda. Ele mostra a diferença entre as receitas e despesas dos projetos, considerando o seu valor no presente. Antes de analisar os ganhos e perdas do VPL, é importante entender os princípios básicos que norteiam o seu cálculo. A fórmula do Valor Presente Líquido envolve diversos aspectos como a determinação do investimento inicial, o tempo a ser considerado, as entradas de caixa em cada período, uma taxa de desconto ou TMA, estimar o valor do investimento de uma empresa deduzindo o investimento inicial e por fim avaliar a viabilidade do investimento determinando ser executável ou não (SAMPAIO, 2020).

Um dos principais benefícios do uso do método do VPL é avaliar se o projeto irá aumentar o valor total do empreendimento. Projetos com VPL negativo indicam que suas atividades reduzirão a lucratividade da empresa, tornando-se desfavoráveis em termos financeiros. Portanto, o método é uma ferramenta valiosa para tomar decisões estratégicas financeiramente, visando selecionar projetos que agreguem valor e contribuam para o crescimento do negócio (SAMPAIO, 2020).

2.5 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade tem como propósito identificar os fatores críticos de um projeto que, ao sofrerem variações, pode ter um impacto significativo em sua viabilidade econômica. Ao conduzir essa análise, é possível estimar os efeitos nas métricas de avaliação financeira, como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), payback, entre outras, quando ocorrem alterações nos parâmetros intrínsecos do projeto. Esses critérios incluem, por exemplo, o teor do minério, os custos operacionais e o preço de venda do produto mineral. Quando se identifica as variáveis críticas do projeto, essas passam a receber uma atenção especial por parte dos responsáveis pela decisão de implementação, visando garantir o sucesso do empreendimento (FERREIRA; ANDRADE, 2010).

Além da avaliação econômica realizada por meio dos principais métodos, é importante considerar uma análise de sensibilidade, como técnica valiosa para obter

uma visão mais abrangente. Os resultados desses estudos fornecem uma base sólida para investidores, bancos de investimento ou a própria empresa de mineração ao tomar decisões sobre investir em um determinado projeto. A análise permite examinar como diferentes cenários impactam os resultados financeiros do projeto (MIRANDA JÚNIOR, 2011).

A avaliação de sensibilidade é uma ferramenta útil para determinar quais parâmetros de entrada têm o maior impacto no retorno de um projeto quando variados. Esses parâmetros, com estimativas mais incertas ou arriscadas e que exercem grande influência (sensibilidade) sobre o retorno, são considerados as variáveis críticas ou estratégicas do projeto. Além disso, a análise de sensibilidade auxilia na definição de limites para cada variável estratégica, estabelecendo um intervalo a partir do qual o projeto se torna economicamente viável (SOUZA, 1994).

Essa análise atua como uma ponte entre a avaliação econômica, que se baseia nas estimativas mais prováveis de cada parâmetro de entrada, e a análise de risco, que se fundamenta na distribuição de valores assumidos por cada variável estratégica com suas respectivas probabilidades de ocorrência. No entanto, é importante observar que a análise de sensibilidade não avalia o risco inerente ao projeto (SOUZA, 1994).

2.5.1 Preço de venda

Mesmo que as estimativas para os diferentes elementos dos fluxos de caixa futuros de um projeto sejam consistentes, é essencial considerar uma tomada de decisão mais segura, especialmente quando se trata da variável crítica preço de venda do mineral. Essa variável tem um impacto direto nas receitas adquiridas pelo projeto. Dado que o preço de venda do mineral pode flutuar significativamente ao longo do tempo, é importante realizar análises de sensibilidade e simulações para compreender como diferentes cenários de preços podem afetar os resultados financeiros do projeto. Isso permitirá tomar decisão mais concretas e preparar-se melhor para lidar com possíveis variações no mercado (MIRANDA JÚNIOR, 2011).

2.5.2 Recuperação média de lavra

A recuperação média de lavra consiste na porcentagem de material que é aproveitado, ou seja, é o percentual médio de todo montante que é desmontado na lavra e que é transformado em produto (blocos) e que são vendidos. Quando se trata de quartzitos maciços, é importante destacar que cada rocha é única e possui suas características específicas. Dentro de uma mesma formação rochosa, é comum encontrar diferentes padrões de movimento e até variações em sua composição, o que torna sua recuperação relativamente baixa. Essa diversidade e imprevisibilidade exigem que a pesquisa mineral seja conduzida de forma eficiente e confiável, com o auxílio de profissionais especializados nesse campo. O objetivo é obter o máximo conhecimento sobre o maciço, a fim de reduzir os riscos e minimizar possíveis imprevistos ao longo do processo. A busca por esse conhecimento aprofundado é essencial para garantir o sucesso e a viabilidade do empreendimento quando se trata da recuperação do quartzito (BINDA, 2021).

2.5.3 Estéril

As pilhas de estéril são elementos intrínsecos na mineração a céu aberto, e as decisões relacionadas ao seu projeto, localização, construção e operação e descomissionamento têm um impacto direto nas operações de transporte e deposição, e, por consequência, na viabilidade econômica do projeto em geral. Essas estruturas são parte do processo de mineração, sendo utilizadas para armazenar os materiais não aproveitáveis (estéril), devido, principalmente, às fraturas ou pelo padrão não desejado. A forma como essas pilhas são projetadas, construídas e operadas influencia diretamente nos custos de operação da mina em geral e podem gerar alguns problemas, o que, por sua vez, afeta a viabilidade econômica do projeto como um todo (KUCKARTZ, 2022).

3 METODOLOGIA

Neste estudo, realizou-se um levantamento de informações relacionadas à lavra de quartzito, a pesquisa enfatizou um estudo de caso. Para coletar e analisar esses dados, utilizou-se diversos materiais e métodos com o objetivo de embasar de maneira sólida a pesquisa realizada. Entre os materiais utilizados, é importante destacar a consulta a fontes literárias especializadas no campo da lavra de rochas ornamentais. A revisão de livros, artigos científicos e publicações especializadas permitiu um aprofundamento teórico abrangente em relação aos aspectos técnicos, geológicos e ambientais associados à extração de quartzito em pedreiras.

Além disso, também se recorreu a relatórios técnicos e documentos especializados relacionados à lavra de quartzito. Esses relatórios, originados de empresas especializadas, consultorias ou órgãos reguladores, ofereceram informações sobre vários aspectos, como a localização da área, o contexto geológico da região, os métodos de extração empregados, os impactos ambientais envolvidos e as melhores práticas utilizadas na extração de quartzito.

Para enriquecer ainda mais a pesquisa, a empresa Mineração K3 forneceu acesso a projetos como também informações que incluíam orçamentos de custos e investimentos. Além disso, realizou-se consultas com especialistas da área de mineração e extração de rochas ornamentais com intuito de procurar saber melhor sobre o método de lavra empregado no quartzito. Essas interações permitiram-se coletar informações práticas, como os custos associados à extração de quartzito, as operações unitárias de lavra utilizadas, os equipamentos empregados e outros aspectos relevantes relacionados à operação de uma pedreira de quartzito.

3.1 ANÁLISE DOS DADOS

Após a obtenção do embasamento teórico, o Plano de Aproveitamento Econômico (PAE) fornecido pela empresa Mineração K3 serviu como base para a coleta e auxiliou a análise dos dados. Isso incluiu as projeções de receitas e investimentos inicial.

Além disso, realizou-se pesquisas de mercado e entrevistas não estruturadas com engenheiros e com empresas do ramo para coletar informações atualizadas

sobre os custos fixos e variáveis, esses dados foram utilizados para os cálculos. Isso também possibilitou obter dados mais precisos em relação a salários, despesas operacionais e o dimensionamento dos equipamentos.

A partir desses dados, utilizou-se o software Excel para criar um fluxo de caixa. Isso nos permitiu analisar os aspectos econômicos do empreendimento, incluindo a avaliação do Valor Presente Líquido. O VPL possibilita trazer os valores futuros do projeto de investimento para o valor atual, o qual é representado pelo valor corrente atual da moeda. Essa análise ajuda a determinar a viabilidade financeira.

Portanto, selecionou-se as variáveis críticas que permitiu realizar uma análise de sensibilidade detalhada. Isso possibilitou obter-se um estudo mais criterioso de diversos cenários econômicos e ambientais, considerando as alterações das variáveis recuperação média da lavra e preço médio de venda, e como elas impactam o empreendimento.

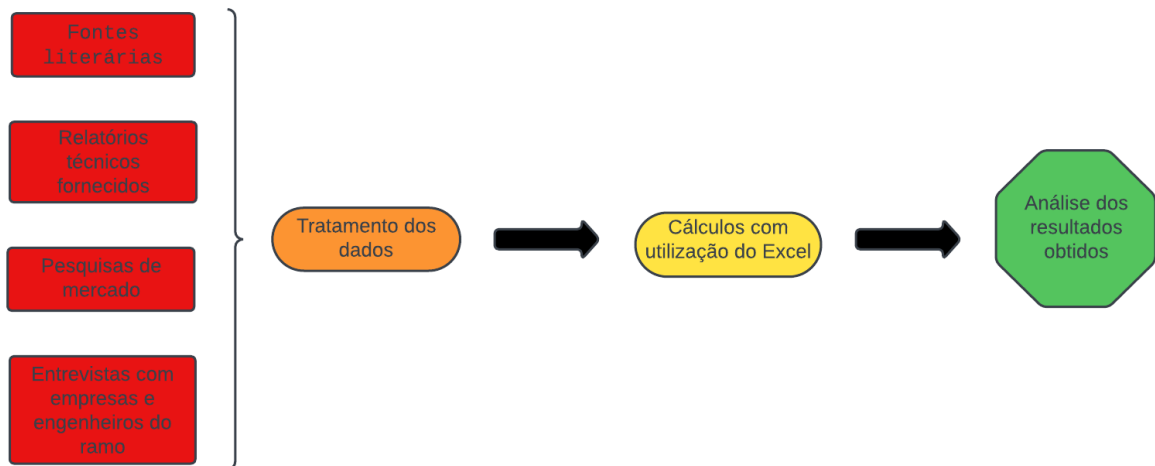


Figura 11: Metodologia aplicada.

Fonte: (AUTOR, 2023).

4 RESULTADOS

4.1 MÉTODO DE LAVRA

O método de mineração escolhido será o de lavra a céu aberto, utilizando o sistema de bancadas altas em meia encosta, devido à configuração do corpo de quartzito. As bancadas terão dimensões de 9 metros de altura, 10 metros de comprimento e 2,1 metros de largura. Essas dimensões tornarão mais fácil a perfuração, o desmonte e, posteriormente, o processo de esquadrejamento dos blocos de quartzito.

Será mantida uma separação mínima de 10 metros entre as bancadas, o que significa que a próxima bancada só será iniciada após o avanço da bancada superior. Além disso, as plataformas de apoio terão, no mínimo, uma largura de 5 metros.

As operações unitárias do processo de lavra incluem a perfuração do maciço com uma configuração em "L", a passagem do fio diamantado no maciço, corte primário para individualização da bancada, o desmonte da bancada com a ajuda de uma camada de terra para absorver o impacto, um corte secundário com fio diamantado (esquadrejamento) e o carregamento dos blocos. A Figura 12 exemplifica a operação da perfuratriz de fundo de furo.



Figura 12: Perfuração do maciço.

Fonte: (AGF EQUIPAMENTOS, 2023).

Depois disso, o maciço é subdividido em bancada através de cortes primários, que incluem o corte horizontal, lateral e vertical. Uma vez realizados esses cortes primários, a bancada está pronta para ser desmontada. Observa-se na Figura 13 o desmonte (tombamento), com auxílio de uma cama de solo para amortecer o impacto da prancha (bancada).

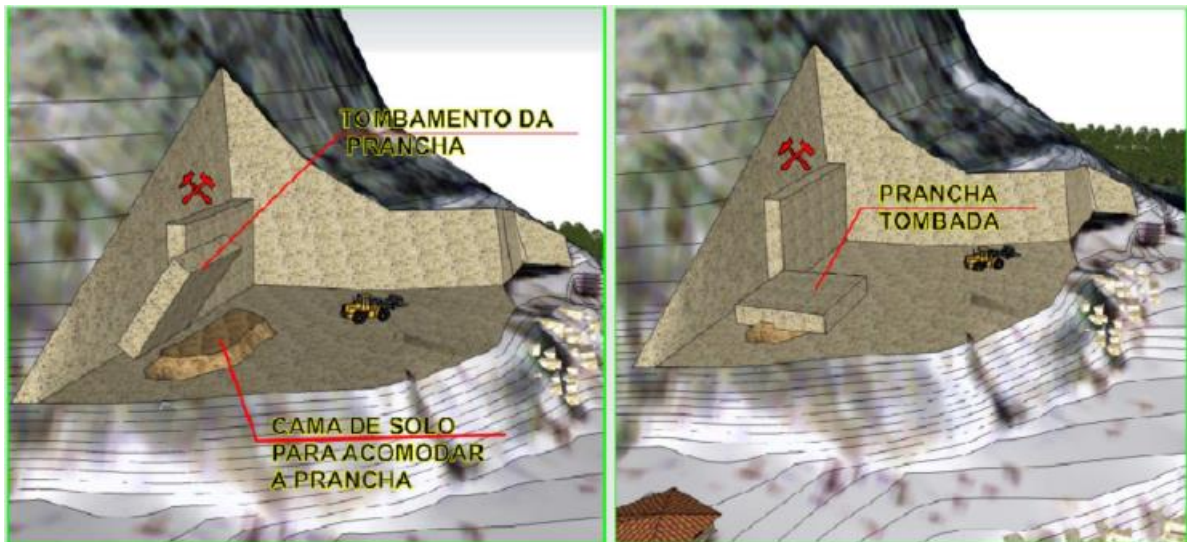


Figura 13: Desmonte de bancada (PAEs fornecidos).

Fonte: (MINERAÇÃO K3, 2023).

Em seguida, com a bancada já tombada, avança-se para a etapa de cortes secundários também com fio diamantado, visando o esquadrejamento dos blocos, de modo a atingir as medidas desejadas para os blocos comerciais, que são de 2 metros de largura por 2 metros de altura por 3 metros de comprimento. Por fim, os blocos são transportados até o pau de carga onde são carregados, com a ajuda de uma escavadeira hidráulica ou uma carregadeira, em caminhões para serem transportados até a indústria de beneficiamento. Observa-se na Figura 14 as etapas finais da lavra.

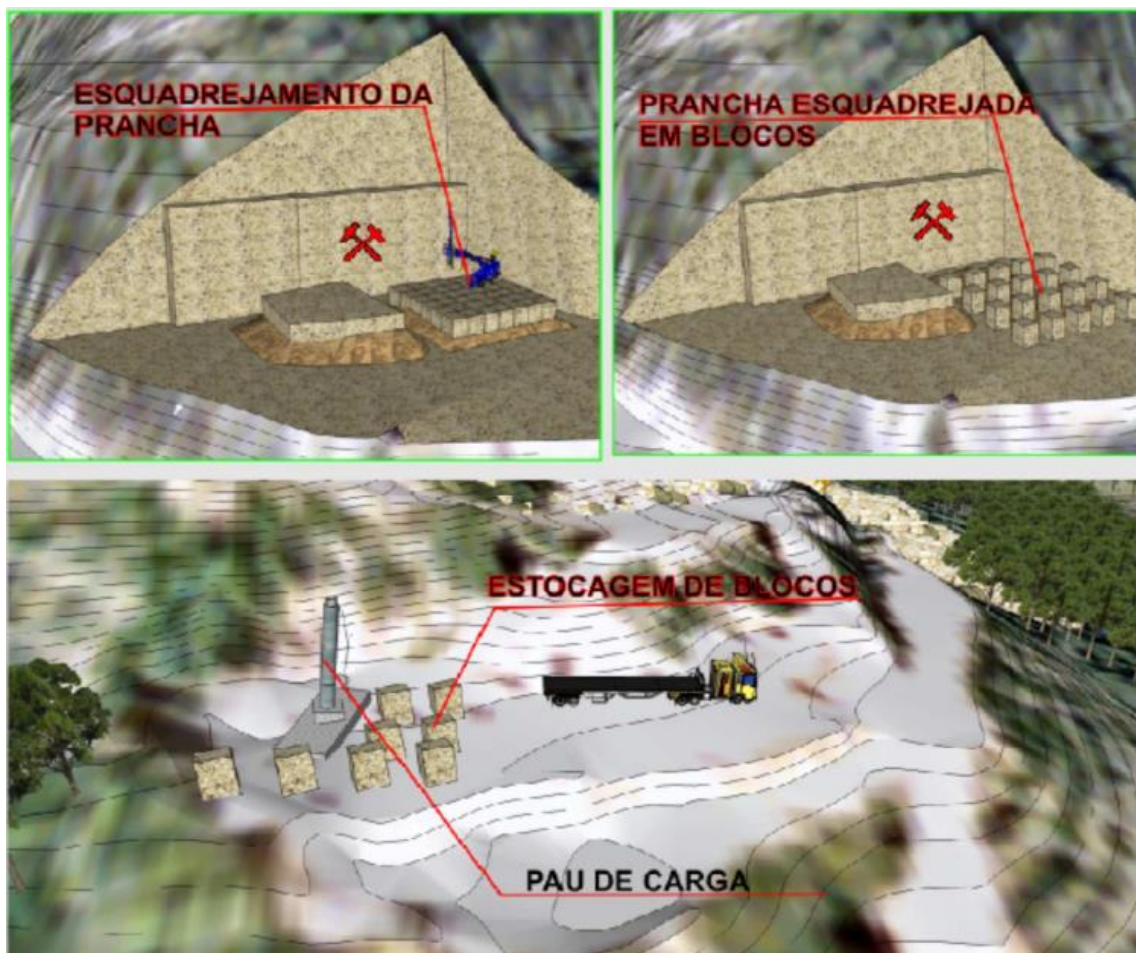


Figura 14: Operações finais de lavra (PAEs fornecidos).

Fonte: (MINERAÇÃO K3, 2023).

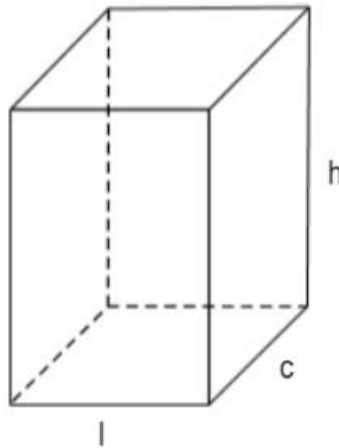
4.2 DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS E OBRAS AUXILIARES

Para uma boa operação da mina é importantíssimo o dimensionamento dos equipamentos necessários para a lavra de rochas ornamentais, levando em consideração o método de lavra a ser empregado, a produção mensal planejada de até 200,0 m³/mês de blocos de quartzito e uma recuperação prevista de 40% (Conforme PAE).

4.2.1 Máquina de fio diamantado e gerador

Considerando uma produção de 200,0 m³/mês e uma recuperação média de 40%, será necessário um desmonte mensal de 500,0 m³/mês. O método empregado será a lavra do maciço por meia encosta com bancadas, projeta-se bancadas com

dimensões de 9 metros de altura, 10 de comprimento e 2,10 de largura. Como observa-se na Figura 15.



(figura fora de escala)

Figura 15: Dimensões da bancada.

Fonte: (AUTOR, 2023)

Com isso temos um volume de 189,0 m³/bancada, sendo necessário o desmonte de aproximadamente 2,65 bancadas/mês, estes cálculos foram feitos conforme as equações 1 e 2. Desta forma, temos:

$$\text{Desmonte Mensal} = \frac{\text{Produção}}{\text{Recuperação}} \quad (1)$$

$$\text{Bancadas por mês} = \frac{\text{Desmonte Mensal}}{(h * c * l)} \quad (2)$$

Sendo as dimensões das bancadas h , c e l ; a altura, comprimento e largura das bancadas, respectivamente:

- Para o corte das faces laterais das bancadas (Afl) serão necessários 18,9 m²/bancada de corte com fio diamantado na vertical como mostra a equação 3;

$$Afl = h * l \quad (3)$$

- Para o corte da face vertical para isolamento da bancada (Afv) a ser derrubada serão necessárias 90,0 m²/bancada de corte com fio diamantado na vertical, o cálculo feito conforme equação 4;

$$Afv = h * c \quad (4)$$

- Para a face horizontal (Afh) serão necessários 21,0 m²/bancada de corte com fio diamantado, conforme equação 5;

$$Afh = c * l \quad (5)$$

Após essa etapa de isolamento da bancada com os cortes primários, ela é desmontada e segue a etapa de esquadrejamento dos blocos com os cortes secundários, procurando como padrão de blocos comerciais dimensões de aproximadamente 3 metros de comprimento x 2 de largura x 2 de altura.

- Para o esquadrejamento das faces laterais dos blocos (Efl), já com a bancada desmontada, serão necessários 63,0 m²/mês de corte com fio diamantado (10 m de comprimento x 2,10 de largura x 3 laterais), como mostra a equação 6;

$$Efl = c * l * 3 \quad (6)$$

- Para o esquadrejamento das faces de topo dos blocos (Eft), já com a bancada desmontada, serão necessários 56,7 m²/mês de corte com fio diamantado (9 m de “altura” x 2,10 m de largura x 3 topos), conforme equação 7;

$$Eft = h * l * 3 \quad (7)$$

Portanto, serão em média 249,6 m²/bancada, já que são 2,65 bancadas/mês, o total de cortes com fio diamantado é de 661,4 m²/mês. Levando-se em consideração a produtividade de uma máquina de fio diamantado (*produtiv*) em torno de 35 m²/dia, para uma taxa de disponibilidade (*dispo*) operacional em torno de 70% (isso devido ao tempo gasto com o posicionamento da máquina para o corte e outras operações unitárias de lavra) e que o equipamento irá operar em média 22 dias/mês (*dias*), serão necessárias 1,23 máquinas de fio diamantado, os cálculos estão representados através das equações 8, 9 e 10.

$$Total\ de\ cortes(bancada) = Afl + Avf + Afh + Efl + Eft \quad (8)$$

$$Total\ de\ cortes(mês) = Total\ de\ cortes(bancada) * \frac{Bancadas}{mês} \quad (9)$$

$$Maq.Necessárias = \frac{Total\ de\ cortes\ (mês)}{(produtiv * dispo * dias)} \quad (10)$$

Assim, dimensionou-se duas máquinas de corte com fio diamantado e, como resultado, um gerador foi designado para abastecer cada uma delas com energia, sendo prevista uma máquina de fio diamantado para corte das bancadas a serem derrubadas sobre a praça de manobras e uma máquina para auxiliar nas operações de corte nas etapas de produção dos blocos de quartzito (esquadrejamento).

4.2.2 Perfuratriz (fundo furo)

Para o dimensionamento da perfuratriz é necessário considerar as dimensões das bancadas, ou seja, cada dimensão é um furo a se fazer para a passagem do fio diamantado. Considerando isso, temos que cada bancada serão necessários 21,1 metros de furos, sendo que para suprir a produção desejada de 2,65 bancadas o total de furos por mês é de 55,9 metros.

Levando-se em consideração a produtividade (*ProdutivP*) de uma perfuratriz em torno de 15 m²/dia, para uma taxa de disponibilidade operacional (*dispo*) em torno de 70% e que o equipamento irá operar em média 22 dias/mês (*dias*), serão necessárias 0,24 máquinas, ou seja, apenas uma perfuratriz. Os cálculos estão conforme a equação 11.

$$Perfur.Necessárias = \frac{(h + c + l) * bancadas\ por\ mês}{ProdutivP * dispo * dias} \quad (11)$$

4.2.3 Compressor

Levando em consideração a utilização da perfuratriz fundo furo e as perfuratrizes manuais para serviços auxiliares, foi determinada a necessidade de um compressor responsável por fornecer ar comprimido aos equipamentos pneumáticos. As manutenções preventivas serão feitas aos fins de semana e em caso de pane outro equipamento será alugado até o conserto dele.

4.2.4 Carregadeira

Planeja-se a utilização de uma carregadeira para realizar as atividades de limpeza, manutenção das praças e acessos e carregamento de material estéril. Estima-se que seja dedicado um período menor para o transporte dos blocos até as praças de estocagem, enquanto a maior parte do tempo será reservado para as manutenções das frentes de trabalho e o carregamento dos materiais estéreis. A manutenção será feita conforme o compressor.

4.2.5 Escavadeira

Projeta-se empregar uma escavadeira hidráulica para realizar serviços de apoio a lavra como a movimentação de grandes blocos de rocha, auxiliar na limpeza da área de trabalho e realizar intervenções necessárias nos depósitos de materiais estéreis. A manutenção será feita conforme o compressor.

4.2.6 Pau de carga

Levando-se em consideração a produção mensal estimada de aproximadamente 18 blocos de quartzito, com estimativa de carregamento de cerca de um bloco/dia, projeta-se um pau de carga para o carregamento dos blocos de quartzito.

4.2.7 Caminhão caçamba

Está prevista a utilização de um caminhão caçamba com capacidade de carga de aproximadamente 7,5 m³ para o transporte de material estéril, que inclui solo e fragmentos de rocha, gerados pela frente de lavra. Além disso, o caminhão também desempenhará a função de carregar o solo necessário para criar uma camada de acomodação para o tombamento da bancada. Para uma produção de 200 m³/mês a geração de estéril é em torno de 300 m³/mês (*Estéril por mês*), considerando que o equipamento irá operar 22 dias/mês (*dias*) o caminhão irá carregar aproximadamente 14 m³/dia de estéril, ou seja duas “viagens” por dia. A manutenção será feita conforme o compressor. Os cálculos estão conforme a equação 12.

$$\text{Carregamento de estéril por dia} = \frac{\text{Estéril por mês}}{\text{dias}} \quad (12)$$

4.2.8 Construções civis

Para um melhor apoio às atividades de lavra, o empreendimento deverá conter as seguintes obras civis:

- Para manutenção e abrigo de equipamentos e veículos, a empresa utilizará um galpão com cobertura e piso impermeável, para evitar possíveis contaminações do solo. No piso deste galpão, deverão ser instaladas canaletas de drenagem para direcionar os resíduos oleosos e graxas para uma caixa separadora de água óleo.
- A edificação destinada aos banheiros, escritórios e refeitório será constituída em alvenaria, com cobertura e piso de cimento.
- Será utilizado também um container para armazenamento de peças e ferramentas.

4.3 DIMENSIONAMENTO DA MÃO DE OBRA

A mão de obra necessária para o desenvolvimento da mina encontra-se relacionada na Tabela 1 e o regime operacional da mina obedecerá às normas da CLT, com jornadas de 44 horas semanais.

Tabela 1: Mão de obra.

Profissional	Quantidade:	Salário:	Encargos
Engenheiro de minas	1	R\$ 3.636,00	R\$ 4.981,32
Encarregado	1	R\$ 3.500,00	R\$ 4.795,00
Op de perfuratriz	1	R\$ 2.000,00	R\$ 2.740,00
Op de maq pesadas	2	R\$ 5.600,00	R\$ 7.672,00
Op de maq de fio	2	R\$ 4.000,00	R\$ 5.480,00
Ajudante	3	R\$ 4.500,00	R\$ 6.165,00
Motorista	1	R\$ 2.000,00	R\$ 2.740,00
Total	11	R\$ 25.236,00	R\$ 34.573,32

Fonte: (AUTOR, 2023).

4.4 INVESTIMENTO INICIAL

O investimento necessário para a montagem da mina está de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2: Investimento inicial.

Qty	Especificações do equipamento:	Custo unitário:	Custo total:
1	Compressor Estacionário	R\$ 120.000,00	R\$ 120.000,00
1	Carregadeira CAT 966 (usada)	R\$ 250.000,00	R\$ 250.000,00
1	Escavadeira CAT 336 (usada)	R\$ 600.000,00	R\$ 600.000,00
1	Caminhão Volvo (usado)	R\$ 120.000,00	R\$ 120.000,00
2	Gerador	R\$ 80.000,00	R\$ 160.000,00
1	Afiador de Brocas	R\$ 3.700,00	R\$ 3.700,00
1	Perfuratriz Fundo Furo	R\$ 70.000,00	R\$ 70.000,00
3	Perfuratriz Manual	R\$ 3.000,00	R\$ 9.000,00
2	Máquina de Fio Diamantado	R\$ 110.000,00	R\$ 220.000,00
150	Fio Diamantado (m)	R\$ 275,00	R\$ 41.250,00
250	Mangueira 3/4" - 300 lb (m)	R\$ 72,00	R\$ 18.000,00
1	Ferramental	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00
1	Pau de carga	R\$ 20.000,00	R\$ 20.000,00
1	Construções	R\$ 80.000,00	R\$ 80.000,00
Total:			R\$ 1.721.950,00

Fonte: (AUTOR, 2023).

4.4.1 Depreciação dos equipamentos e construções auxiliares

Observa-se na Tabela 3 o cálculo da depreciação dos equipamentos de acordo com o investimento inicial:

Tabela 3: Depreciação.

Qty	Especificações do equipamento:	Custo unitário:	Custo total:	V. Res (%)	V. Res	Anos	Dep. Anual	Dep. Mensal
1	Compressor Estacionário	R\$ 120.000,00	R\$ 120.000,00	10	R\$ 12.000,00	10	R\$ 10.800,00	R\$ 900,00
1	Carregadeira CAT 966 (usada)	R\$ 250.000,00	R\$ 250.000,00	25	R\$ 62.500,00	10	R\$ 18.750,00	R\$ 1.562,50
1	Escavadeira CAT 336 (usada)	R\$ 600.000,00	R\$ 600.000,00	25	R\$ 150.000,00	10	R\$ 45.000,00	R\$ 3.750,00
1	Caminhão Volvo (usado)	R\$ 120.000,00	R\$ 120.000,00	10	R\$ 12.000,00	10	R\$ 10.800,00	R\$ 900,00
2	Gerador	R\$ 80.000,00	R\$ 160.000,00	10	R\$ 16.000,00	10	R\$ 14.400,00	R\$ 1.200,00
1	Afiador de Brocas	R\$ 3.700,00	R\$ 3.700,00	20	R\$ 740,00	5	R\$ 592,00	R\$ 49,33
1	Perfuratriz Fundo Furo	R\$ 70.000,00	R\$ 70.000,00	10	R\$ 7.000,00	10	R\$ 6.300,00	R\$ 525,00
3	Perfuratriz Manual	R\$ 3.000,00	R\$ 9.000,00	10	R\$ 900,00	5	R\$ 1.620,00	R\$ 135,00

2	Máquina de Fio Diamantado	R\$ 110.000,00	R\$ 220.000,00	10	R\$ 22.000,00	10	R\$ 19.800,00	R\$ 1.650,00
1	Pau de carga	R\$ 20.000,00	R\$ 20.000,00	10	R\$ 2.000,00	20	R\$ 900,00	R\$ 75,00
1	Construções	R\$ 80.000,00	R\$ 80.000,00	10	R\$ 8.000,00	20	R\$ 3.600,00	R\$ 300,00
TOTAL:							R\$ 132.562,00	R\$ 11.046,83

Fonte: (AUTOR, 2023).

4.5 AMORTIZAÇÃO

Quando a empresa não possui recursos disponíveis para fazer um investimento, ela pode optar por contrair um empréstimo. Para quitar essa dívida, existem várias opções de pagamento, conhecidas como sistemas de amortização. No estudo de caso em questão o empréstimo foi usado para cobrir os custos iniciais dos projetos apresentados à ANM e ao órgão ambiental, custos de abertura da frente de lavra, abertura de estradas e do pátio de manobras, esses custos foram avaliados na ordem de R\$ 200.000,00.

Com isso, o valor de R\$ 200.000,00 será amortizado num período de 5 anos, então o valor da amortização mensal é de R\$ 3.866,56.

4.6 CUSTOS OPERACIONAIS

Após realizar as etapas iniciais de dimensionamento, é necessário estimar os custos operacionais e organizá-los de forma clara para uma análise, para que se escolha a opção que seja mais economicamente viável. Essa decisão deve levar em conta a consideração ponderada dos riscos associados a cada alternativa, tais como mudanças no mercado ou possíveis perdas de produção durante a transição entre um processo e outro, além de possíveis erros de planejamento que poderiam levar a um aumento dos custos de produção, entre outros aspectos (BORGES, 2013).

É de suma importância identificar, quantificar e analisar todos os custos envolvidos em todas as etapas do processo produtivo, a fim de que se possam tomar as medidas apropriadas para mitigá-los. Dessa forma, é possível tomar decisões mais informadas e seguras, visando ao melhor resultado para a empresa.

4.6.1 Custos variáveis

4.6.1.1 Combustível

Este custo estimado é considerado o consumo de cada equipamento por hora, sua taxa de disponibilidade dentro da mina, e assim obtém-se o custo por mês de cada equipamento. Os equipamentos que consomem óleo diesel são os geradores, compressor, escavadeira, carregadeira e o caminhão. Para este trabalho, foi considerado no cálculo de custos dos geradores e do compressor um consumo de 13 l/h e 16 l/h respectivamente, uma taxa de disponibilidade de 70% e a cotação do óleo diesel feita em 14/06/2023 foi de R\$5,2, no estado de Minas Gerais. Conforme pode ser observado na Tabela 4 com o consumo de cada equipamento:

Tabela 4: Custo do óleo diesel.

Gerador			Compressor		
Consumo	13	l/h	Consumo	16	l/h
Disponibilidade	70	%	Disponibilidade	70	%
Total mês:	R\$ 17,350.70		Total mês:	R\$ 10,677.33	

Fonte: (AUTOR, 2023).

Os demais equipamentos variam seus custos com combustível de acordo sua taxa de disponibilidade que oscila diretamente proporcional volume de material desmontado, principalmente, o material estéril. No presente trabalho, considerou-se, um consumo constante desses equipamentos de aproximadamente R\$30.000,00 por mês.

4.6.1.2 Fio diamantado

Este custo está diretamente ligado com o volume de rocha a ser desmontada para suprir a produção desejada. Considerou-se o custo do fio diamantado de R\$ 38 R\$/m² de corte, sendo assim o total de corte calculados foram de 661,4 m²/mês, então o custo com fio diamantado ficou em torno de R\$ 25.100,00. Conforme demonstrado na equação 13.

$$Custo\ com\ fio = \left(\frac{custo}{metro^2} \right) * Total\ de\ cortes(mês) \quad (13)$$

4.6.2 Custos fixos

4.6.2.1 Manutenção e ferramental

O cálculo dos custos de manutenção e ferramental abrange os gastos necessários tanto para substituir peças danificadas ou desgastadas dos equipamentos, quanto gastos como bits, hastes e brocas completas, além dos custos com reparos na perfuratriz e demais ferramentas utilizadas, tanto nas operações individuais como no desenvolvimento em geral.

Com isso os custos totais, mensais, com manutenção serão o somatório da manutenção preventiva com a manutenção corretiva juntamente com as ferramentas de reposição, cujo valor estimado é da ordem de R\$ 20.000,00.

4.6.2.2 Medidas de controle ambiental e fechamento de mina

É essencial avaliar os passivos relacionados à mineração, incluindo a mina, instalações, depósitos, pilhas de estéril e outros. Esses passivos devem ser classificados em ordem de prioridade, com base em critérios como o risco à saúde e segurança, bem como os impactos ambientais causados. Principalmente devido às dificuldades de estimar um valor adequado para destinar ao fechamento de mina e ao alto custo envolvido na implementação de medidas de reabilitação, as experiências passadas de fechamento têm sido utilizadas pelas grandes mineradoras como referência para gestão de novos empreendimentos. Essa abordagem enfatiza a preocupação com a recuperação do meio ambiente desde o estágio inicial do planejamento da extração mineral e tem motivado a adoção de uma provisão financeira como precaução para enfrentar os gastos futuros com o fechamento das operações (CAMELO, 2006).

Esse custo também abrange diversas atividades necessárias para operação da mina, como instalação e manutenção do sistema de drenagem das praças, a implementação e controle do tratamento de efluentes sanitários através de sistemas como fossa, filtro e sumidouro, a implantação e supervisão do tratamento adequado para resíduos, entre outras demandas da mina. Sendo assim, estima-se um custo

mensal para as medidas de controle ambiental da área minerada e plano de fechamento de mina da ordem de R\$ 8.000,00.

4.6.3 Custos operacionais totais

Os custos operacionais são todos os custos descritos acima juntamente com o custo de mão de obra, já dimensionada, e estão apresentados de acordo com a Tabela 5:

Tabela 5: Custos operacionais totais.

Custos operacionais totais:	
Mensal	R\$ 145.723,38
Anual	R\$ 1.748.680,60

Fonte: (AUTOR, 2023).

4.7 RECEITA ESTIMADA

Levando-se em consideração a produção mensal projetada e o preço médio do material, tem-se o seguinte faturamento conforme Tabela 6 e equação 14:

$$\text{Faturamento mensal bruto} = \text{Produção Projet} * \text{preço FOB mina} \quad (14)$$

Tabela 6: Faturamento.

Preço Médio por m ³	Faturamento mensal	Faturamento anual
R\$ 1.500,01	R\$ 300.001,20	R\$ 3.600.014,40

Fonte: (AUTOR, 2023).

4.8 VIABILIDADE ECONÔMICA DO EMPREENDIMENTO

4.8.1 Fluxo de caixa

Para criação do fluxo de caixa, foram levadas em conta as seguintes condições operacionais:

- A projeção é de uma produção mensal de 200 m³ de blocos de quartzito.
- Durante a fase de implantação, os custos operacionais foram assumidos como sendo iguais aos do período inicial da lavra.

- O preço de venda médio foi considerado de R\$ 1.500,00 por m³.

Os impostos e taxas incidentes sobre a receita bruta foram calculados no fluxo de caixa estimado para os primeiros 10 anos de produção, são eles:

- Imposto de renda = 15%
- Contribuição social = 12%
- CFEM = 1%
- PIS = 0,65 %
- COFINS = 3,00 %
- ICMS = 7 %.

Com isso, o fluxo de caixa segue conforme Tabela 7:

Tabela 7: Fluxo de Caixa.

Itens	Período (anos)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Investimento inicial	-R\$ 1.721.950,00											
Capital de giro	-R\$ 200.000,00											
Receita		R\$ 3.600.014,40	R\$ 3.600.014,40	R\$ 3.600.014,40	R\$ 3.600.014,40	R\$ 3.600.014,40	R\$ 3.600.014,40	R\$ 3.600.014,40	R\$ 3.600.014,40	R\$ 3.600.014,40	R\$ 3.600.014,40	R\$ 3.600.014,40
Impostos		-R\$ 422.479,69	-R\$ 422.479,69	-R\$ 422.479,69	-R\$ 422.479,69	-R\$ 422.479,69	-R\$ 422.479,69	-R\$ 422.479,69	-R\$ 422.479,69	-R\$ 422.479,69	-R\$ 422.479,69	-R\$ 422.479,69
Custo operacional		-R\$ 1.748.680,60	-R\$ 1.748.680,60	-R\$ 1.748.680,60	-R\$ 1.748.680,60	-R\$ 1.748.680,60	-R\$ 1.748.680,60	-R\$ 1.748.680,60	-R\$ 1.748.680,60	-R\$ 1.748.680,60	-R\$ 1.748.680,60	-R\$ 1.748.680,60
Lucro operacional		R\$ 1.428.854,11	R\$ 1.428.854,11	R\$ 1.428.854,11	R\$ 1.428.854,11	R\$ 1.428.854,11	R\$ 1.428.854,11	R\$ 1.428.854,11	R\$ 1.428.854,11	R\$ 1.428.854,11	R\$ 1.428.854,11	R\$ 1.428.854,11
Contribuição social (12%)		-R\$ 171.462,49	-R\$ 171.462,49	-R\$ 171.462,49	-R\$ 171.462,49	-R\$ 171.462,49	-R\$ 171.462,49	-R\$ 171.462,49	-R\$ 171.462,49	-R\$ 171.462,49	-R\$ 171.462,49	-R\$ 171.462,49
Amortização		-R\$ 19.999,92	-R\$ 19.999,92	-R\$ 19.999,92	-R\$ 19.999,92	-R\$ 19.999,92						
Depreciação		-R\$ 132.562,00	-R\$ 132.562,00	-R\$ 132.562,00	-R\$ 132.562,00	-R\$ 132.562,00	-R\$ 132.562,00	-R\$ 132.562,00	-R\$ 132.562,00	-R\$ 132.562,00	-R\$ 132.562,00	-R\$ 132.562,00
Lucro sujeito a IR		R\$ 1.104.829,70	R\$ 1.104.829,70	R\$ 1.104.829,70	R\$ 1.104.829,70	R\$ 1.104.829,70	R\$ 1.124.829,62	R\$ 1.124.829,62	R\$ 1.124.829,62	R\$ 1.124.829,62	R\$ 1.124.829,62	R\$ 1.124.829,62
Imposto de Renda (15%)		-R\$ 165.724,45	-R\$ 165.724,45	-R\$ 165.724,45	-R\$ 165.724,45	-R\$ 165.724,45	-R\$ 168.724,44	-R\$ 168.724,44	-R\$ 168.724,44	-R\$ 168.724,44	-R\$ 168.724,44	-R\$ 168.724,44
Fluxo líquido	-R\$ 1.821.950,00	R\$ 939.105,24	R\$ 939.105,24	R\$ 939.105,24	R\$ 939.105,24	R\$ 939.105,24	R\$ 939.105,24	R\$ 939.105,24	R\$ 939.105,24	R\$ 939.105,24	R\$ 939.105,24	R\$ 939.105,24
Fluxo acumulado	-R\$ 1.821.950,00	-R\$ 882.844,76	R\$ 56.260,48	R\$ 995.365,72	R\$ 1.934.470,96	R\$ 2.873.576,20	R\$ 3.812.681,45	R\$ 4.751.786,69	R\$ 5.690.891,93	R\$ 6.629.997,17	R\$ 7.569.102,41	R\$ 7.569.102,41

Fonte: (AUTOR, 2023).

4.8.2 Taxa mínima de atratividade

Nos projetos de mineração, a taxa de atratividade geralmente varia de acordo com o nível de risco do empreendimento, em valores entre a taxa padrão de 10% até 25% de taxa de atratividade anual são comumente selecionados (SAMPAIO, 2020). No caso específico do empreendimento em questão, o valor da taxa adotado foi de 12% ao ano para o cálculo do Valor Presente Líquido do projeto, levando em consideração os primeiros 10 anos de produção. Essa taxa de atratividade foi considerada viável para análise financeira do projeto em questão.

4.8.3 Payback

Conforme o fluxo de caixa apresentado na Tabela 7 e através equação 15, podemos dizer que o investimento contabilizado no empreendimento será totalmente restituído ao longo de 2,07 anos, ou seja, o payback para este empreendimento será de 2 anos e 1 meses.

$$\text{Payback} = \frac{\text{Capital Inicial Investido}}{\text{Fluxo de Caixa Médio}} \quad (15)$$

4.8.4 Valor presente líquido

O Valor presente líquido é muito importante para avaliar se o projeto irá ser lucrativo ou não em um determinado intervalo de tempo. Pode-se calcular o VPL conforme equação 16.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^n} \quad (16)$$

Onde:

VPL = Valor presente líquido;

FC = Fluxo de caixa;

t = tempo que é aplicado o fluxo de caixa;

i = taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade;

n = intervalo de tempo.

O Valor Presente Líquido (VPL) foi determinado considerando os primeiros 10 anos de produção a partir do momento do investimento inicial, que é o ano zero. Para esse cálculo, utilizou-se a taxa de atratividade do empreendimento de 12% ao ano. Aplicando a equação 16, o VPL do empreendimento foi calculado como sendo R\$ 3.384.204,06, o que indica que o projeto é economicamente viável.

4.8.5 Taxa interna de retorno

Desta forma, podemos dizer que a Taxa Interna de Retorno TIR é igual a taxa que satisfaz a equação 17:

$$VPL = 0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^n} \quad (17)$$

Sendo assim, o valor calculado da TIR para o empreendimento mineiro em questão foi de 0,4724, ou seja, 47,24% que é maior que a taxa mínima de atratividade de 12% ao ano, mostrando que o projeto em questão é viável.

4.9 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

No estudo em questão, os parâmetros considerados como críticos foram alterados, enquanto os demais foram mantidos constantes. Isso permite uma compreensão mais detalhada de como esses parâmetros chave influenciam no projeto, fornecendo informações importantes para tomada de decisão. Cada uma das variáveis críticas (valor de mercado do bem mineral e a recuperação da lavra) têm sido alteradas de -65% até +50% gerando distintos VPL's, os resultados são apresentados na Tabela 8 em apêndice, a partir dela gerou-se o gráfico da Figura 16.

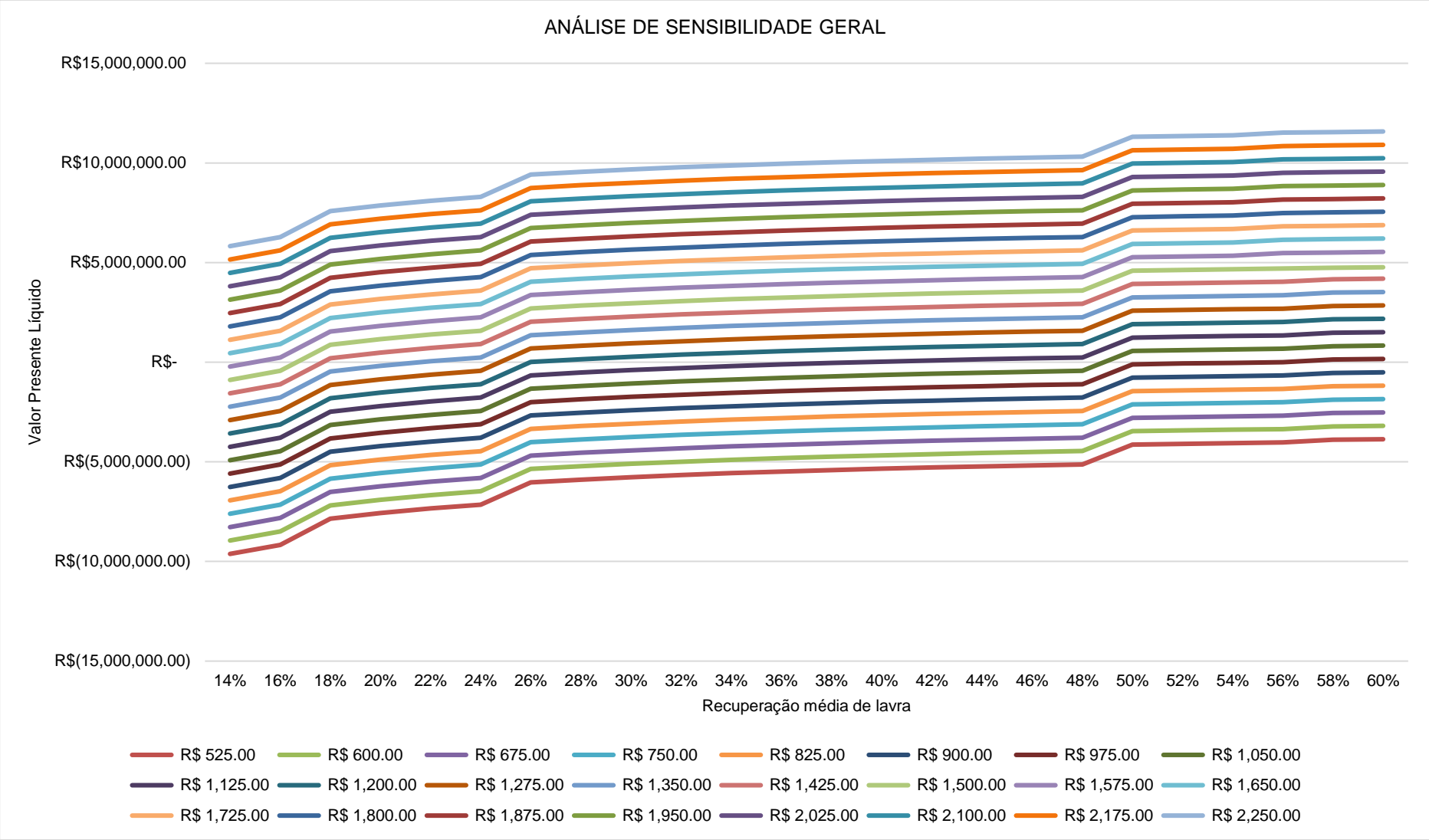


Figura 16: Análise de Sensibilidade Geral.

Fonte: (AUTOR, 2023).

4.9.1 Preço de venda

O preço de venda do material configura uma variável importantíssima quando se considera o estudo de viabilidade econômica do projeto, o gráfico da Figura 17 considera o comportamento do VPL conforme a variação do preço do material de -65% até +50%, isso considerando a recuperação (outra variável crítica) 40% e a produção de 200 m³/mês conforme o projeto.

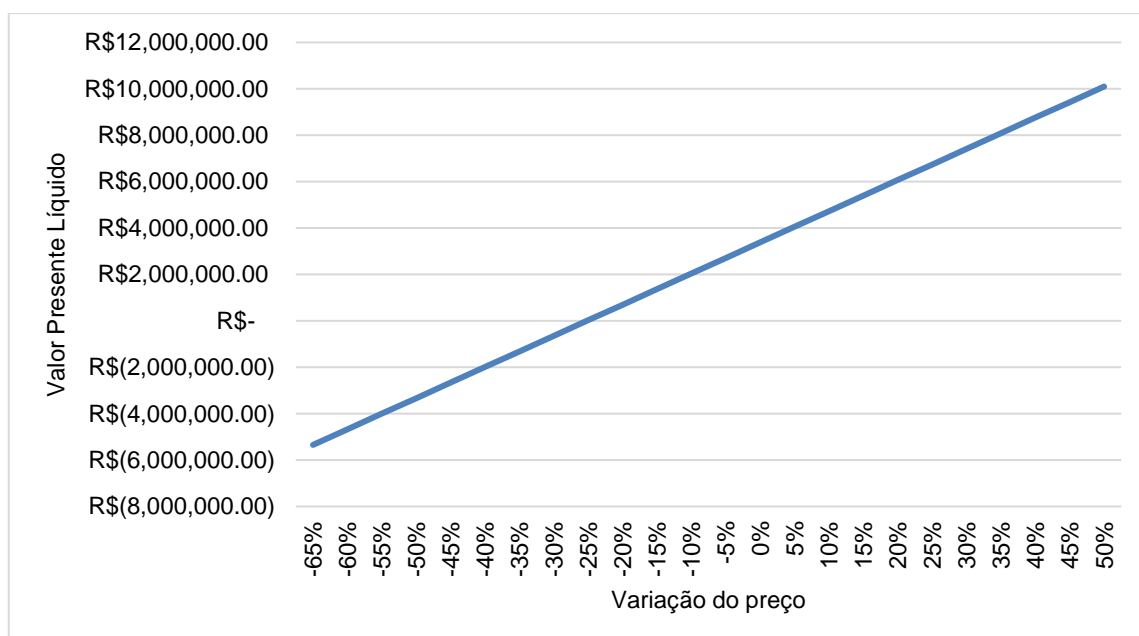


Figura 17: Análise de sensibilidade do preço.

Fonte: (AUTOR, 2023).

É evidente que a variação do preço no projeto desempenha um papel crucial de sua viabilidade. Observa-se que o Valor Presente Líquido (VPL) do projeto tem uma relação linear com a variação do preço de venda do material, com um aumento ou diminuição de aproximadamente R\$ 670.000 a cada variação de 5% no preço.

4.9.2 Recuperação média

Para garantir a viabilidade econômica da lavra de quartzito, é essencial realizar uma pesquisa mineral minuciosa para reconhecer as características do maciço rochoso e obter uma estimativa mais precisa da recuperação da lavra. Além disso, devido a imprevisibilidade do maciço, a análise de sensibilidade é uma ferramenta valiosa nesse contexto. Ela permite avaliar como pequenas mudanças na recuperação

podem afetar o resultado financeiro do projeto, é possível identificar os fatores críticos que impactam na viabilidade. Dessa forma, a análise de sensibilidade desempenha um papel importante ao avaliar e aprimorar a estratégia de desenvolvimento da lavra de quartzito. No gráfico da Figura 18 observa-se o comportamento do VPL do empreendimento de acordo com a variação da recuperação, de -65% até +50% e mantendo constante o preço do projeto de R\$ 1.500 o m³ e a produção de 200 m³/mês.

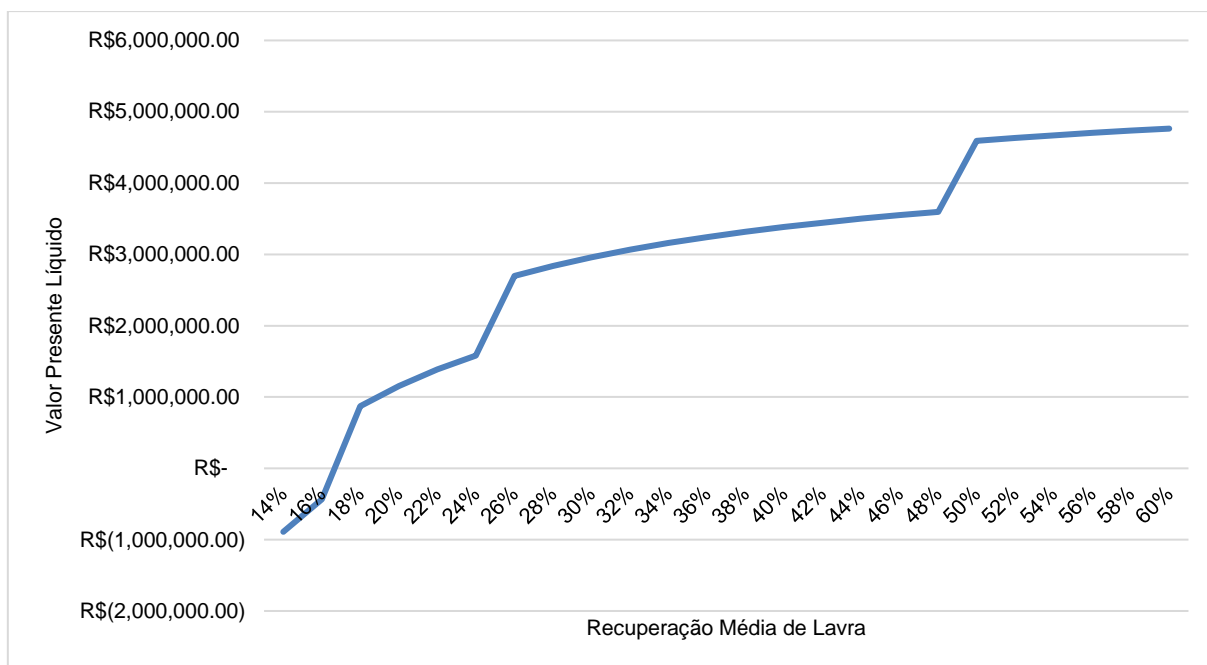


Figura 18: Análise de sensibilidade da recuperação média.

Fonte: (AUTOR, 2023).

A recuperação na lavra de quartzito pode ser imprevisível e tem um impacto direto nos custos operacionais. Quanto menor for o valor médio da recuperação na lavra, maior será a quantidade de material a ser desmontado para atingir uma determinada produção. No gráfico da Figura 18 apresentado, podemos notar que há “degraus” em algumas regiões específicas de recuperação (por exemplo, entre 16% e 18%, entre 24% e 26% e entre 48% e 50%). Esses “degraus” mostram que, entre esses valores de recuperação, é necessário um aumento do investimento inicial (CAPEX) no empreendimento para atender à produção, o que leva a uma redução considerável do Valor Presente Líquido (VPL) do projeto.

Outro ponto interessante é que, para recuperações mais altas, as variações na recuperação têm um impacto menos elástico nos valores de VPL. Por exemplo, quando há uma variação da recuperação de 58% para 56%, a diminuição no VPL é

de aproximadamente R\$ 30.000, enquanto na variação de 16% para 14%, a diminuição do VPL é muito mais significativa, chegando à ordem de R\$ 450.000.

4.9.3 Estéril

Na lavra de rocha ornamental, o depósito de estéril fica próximo a lavra devido à metodologia de lavra, custos e ao fato de que o material não contaminar o solo ou lençol freático. Esse estéril é composto por solo removido durante o decapeamento e fragmentos de rocha intemperizadas ou que possuem muitos defeitos comerciais, como trincas, manchas ou veios. Dado uma produção mensal de 200 m³, uma taxa de recuperação de 40% e um coeficiente de empolamento de 1,3, a quantidade de material estéril acumulada nos primeiros 10 anos de operação totaliza 46.800 m³. O dimensionamento da pilha de estéril se baseia nesse montante. Com o gráfico da Figura 19 observa-se alguns cenários de variação na recuperação em função da produção de estéril em metros cúbicos.

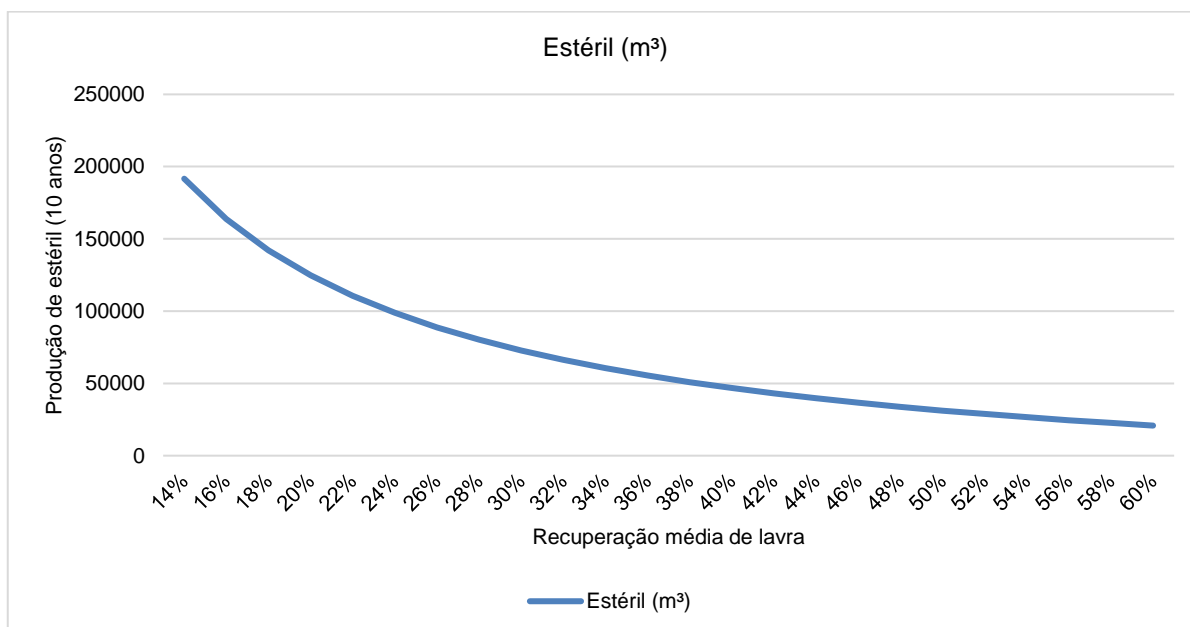


Figura 19: Análise de sensibilidade com relação ao estéril.

Fonte: (AUTOR, 2023).

Analisando o gráfico observa-se a geração de material estéril em relação às flutuações na recuperação média, é possível perceber que ele exibe um padrão exponencial, ou seja, uma curva que não segue uma trajetória linear, mas sim, no caso estudado, uma inclinação ascendente quando se trata de recuperações mais baixas.

5 CONCLUSÃO

Neste Trabalho de Conclusão de Curso, foi conduzida uma avaliação técnica e econômica minuciosa de um projeto de extração de quartzito, que confirmou sua viabilidade econômica. Os dados coletados com a empresa Mineração K3, principalmente o PAE, revelaram condições extremamente vantajosas em comparação com os custos reais de mercado. A análise econômica resultou em um Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 3.384.204,06, o que indica que o retorno do investimento (PAYBACK) será alcançado no segundo ano de operação.

Ao aplicar a análise de sensibilidade em variáveis estratégicas, considerando tanto os parâmetros econômicos quanto os ambientais, identificamos resultados notáveis.

Primeiramente, é importante considerar cuidadosamente a sensibilidade aos preços ao avaliar a aplicação do investimento, pois o preço do material pode ter um impacto significativo no resultado financeiro do projeto. Quando analisamos a variável recuperação média na lavra do quartzito, percebe-se que ela desempenha um papel crucial na viabilidade econômica do empreendimento e pode causar impactos consideráveis nos resultados financeiros, como também minas que operam com recuperações muito baixas tendem a ter um risco maior associado ao empreendimento. Uma análise detalhada dessas variações é fundamental na tomada de decisões e estratégias para o sucesso do projeto.

Além disso, a condução de uma análise de sensibilidade pode fornecer orientação no dimensionamento de pilhas de estéril, ao oferecer uma gama de cenários distintos para consideração. No contexto analisado, observa-se que, devido à natureza exponencial da variável produção de material estéril, o gráfico exibe maior sensibilidade quando a recuperação média é menor. Isso sugere, que minas que operam com recuperações médias mais baixas, tem maior probabilidade de enfrentar desafios potenciais na gestão adequada do material estéril no futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS. **O Setor Brasileiro de Rochas Ornamentais.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://abirochas.com.br/wp-content/uploads/2022/01/Informe_05_2018_Setor_de_Rochas_Ornamentais_c.pdf>. Acesso em: 25 dez. 2023.

AGF EQUIPAMENTOS. **Perfuratriz de fundo de furo.** [s.l: s.n.].

BINDA, Y. T. **ESTUDO E ANÁLISE DE CUSTOS DE UMA PEDREIRA DE QUARTZITO.** CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM: [s.n.]. Disponível em: <<https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/857/TCC%20-%20Yan%20T.%20Binda.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 24 out. 2023.

BORGES, T. C. **ANÁLISE DOS CUSTOS OPERACIONAIS DE PRODUÇÃO NO DIMENSIONAMENTO DE FROTAS DE CARREGAMENTO E TRANSPORTE EM MINERAÇÃO.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3411/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_%20An%c3%a1liseCustoOperacionais.pdf>. Acesso em: 24 out. 2023.

BRASIL. **Decreto—Lei nº 227, de 28 de Fevereiro de 1967. Dá nova Redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de Janeiro de 1940 (Código de Minas).** [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0227.htm>. Acesso em: 24 out. 2023.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. **Presidência da República**, 1988.

BRASIL. **DECRETO Nº 9.587, DE 27 DE NOVEMBRO 2018.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://legis.senado.leg.br/norma/30717742/publicacao/30717753>>. Acesso em: 24 out. 2023.

BRASIL. **BRASIL. Resolução nº 37 de 04 de junho de 2020.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-37-de-4-de-junho-de-2020-260629588>>. Acesso em: 24 out. 2023.

CAMELO, M. S. M. **FECHAMENTO DE MINA: ANÁLISE DE CASOS SELECIONADOS SOB OS FOCOS AMBIENTAL, ECONÔMICO E SOCIAL.** [s.l: s.n.].

COSTA, A. G. **ROCHAS ORNAMENTAIS**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://recursomineralmg.codemge.com.br/wp-content/uploads/2018/10/RochasOrnamentais.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2023.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Rochas Ornamentais. **DIVISÃO DE MINERAIS INDUSTRIAIS**, p. 1–23, 2019.

FERREIRA, G. E.; ANDRADE, J. G. DE. **Elaboração e Avaliação Econômica de Projetos de Mineração**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/794/1/CCL00420010.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2023.

CHIODI FILHO, C. **ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS DO SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br:8080/bitstream/cetem/280/1/sed-28.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2023.

FRASCÁ, M. H. B. O. TIPOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS E CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS. Em: [s.l: s.n.]. p. 43–97.

MIRANDA JÚNIOR, I. S. **DIRETRIZES FUNDAMENTAIS PARA UM ESTUDO DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE EMPREENDIMENTOS DE MINERAÇÃO: UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO**. [s.l: s.n.].

KUCKARTZ, B. T. **SEQUENCIAMENTO EM MULTI-ESTÁGIOS PARA DEPOSIÇÃO DE ESTÉRIL EM OPERAÇÕES DE MINERAÇÃO À CÉU ABERTO**. [s.l: s.n.].

LAURIANO, R. A. **ESTUDO DOS ASPECTOS DA LAVRA DE MÁRMORES EM CAVA (FOSSA) DE ROCHA ORNAMENTAIS**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/958/TCF_LAURIANO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 24 out. 2023.

MARIN, T. **Análise econômica da pequena mineração aplicando o conceito de reserva mínima**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-21072016-102901/publico/TatianeMarin2015.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2023.

MOURA, E. A. **ANÁLISE DE VIABILIDADE E COMPARAÇÃO ENTRE TRÊS DIFERENTES EQUIPAMENTOS PARA EXPANSÃO DA CAPACIDADE**

PRODUTIVA DA EMPRESA INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE BORRACHA LTDA. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/18160/000713047.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 24 out. 2023.

NATURALE GRANITOS E MÁRMORES. **Quartzito Infinity Blue.** Cachoeiro de Itapemirim: [s.n.].

REIS, R. C.; SOUSA, W. T. DE. **Métodos de lavra de rochas ornamentais.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/5193/1/ARTIGO_M%c3%a9to dosLavraRochas.pdf>. Acesso em: 24 out. 2023.

ROBSON, J. V. C. **UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO ESCOLA DE MINAS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/4487/9/MONOGRAFIA_ResevaAn%C3%A1liseViabilidade.pdf>. Acesso em: 24 out. 2023.

SAMPAIO, T. P. **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CUSTO MÉDIO PONDERADO DE CAPITAL E RESERVA.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/2913/1/MONOGRAFIA_An%c3%a1liseComparativaCusto.pdf>. Acesso em: 24 out. 2023.

SANTOS, Y. C. DE S. A HISTÓRIA DA MINERAÇÃO CAPIXABA À LUZ DOS REQUERIMENTOS PROTOCOLADOS NA AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Revista Ifes Ciência**, v. 9, n. 2, p. 01–12, 20 abr. 2023.

SCHROEDER, J. T. et al. O CUSTO DE CAPITAL COMO TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE NA AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE INVESTIMENTO. **Revista Gestão Industrial**, v. 1, n. 2, 1 jun. 2005.

SOUZA, P. Á. DE. **MÉTODOS DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS DE EXPLOTAÇÃO MINERAL.** São Paulo: [s.n.]. Disponível em: <file:///C:/Users/marki/Downloads/Souza_PetainAvilade_M.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2023.

VIDAL, F. W. H. et al. LAVRA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. Em: **Capítulo 4.** [s.l: s.n.]. p. 153–257.

VIDAL, F. W. H.; MARQUES, M. N.; ALENCAR, C. R. A. PLANO DE APROVEITAMENTO ECONÔMICO DE ROCHAS ORNAMENTAIS. Em: **Capítulo 6**. [s.l: s.n.]. p. 287–326.

