

RAFAEL LEAL DE LIMA LEME

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA EM UMA MINA DE OURO
NO BRASIL**

São Paulo

2019

RAFAEL LEAL DE LIMA LEME

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA EM UMA MINA DE OURO
NO BRASIL**

Trabalho de Formatura em Engenharia de Minas
do curso de graduação do Departamento de
Engenharia de Minas e Petróleo da Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo.

Orientador: Luiz Eduardo Campos Pignatari

Coorientador: Profa. Dra. Ana Carolina
Chieregati

São Paulo

2019

8991838

TF-2019
L542a



H2019g
Escola Politécnica - EPMI



31700002732

Catálogo-na-Publicação

Leme, Rafael Leal de Lima

Análise de viabilidade econômica em uma mina de ouro no Brasil / R. L. L. Leme -- São Paulo, 2019.

38 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo.

1.Viabilidade econômica 2.Mina de ouro 3.Fluxo de caixa 4.Diluição I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo II.t.

8991241

Aos meus pais, Fernando e Maria Izabel
e às minhas irmãs Fernanda e Luiza,
pela presença e apoio de sempre.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por tudo.

Aos meus orientadores Luiz Eduardo Campos Pignatari e Profa. Dra. Ana Carolina Chierigati. Em especial à Profa. Dra. Ana Carolina Chierigati, pelo empenho de sempre, pelas orientações e ajudas ao longo não só deste trabalho, mas de toda a graduação.

À empresa Aura Minerals, por permitir acesso aos dados utilizados no trabalho.

Ao meu amigo Tafarel Yan, pela amizade, companheirismo e por ter contribuído diretamente na realização deste trabalho.

Aos meus colegas de turma, pelas ajudas de sempre, pelo companheirismo nos momentos de dificuldade e pelas alegrias.

RESUMO

Empresas do setor mineral constantemente atualizam e reveem seus modelos de empreendimentos e suas estratégias com o objetivo de se adaptarem às mudanças nos cenários global e local. A valorização do preço do ouro em 2019 levou diversas empresas de mineração a reverem a viabilidade econômica de seus empreendimentos. Isso ocorre, pois, a disparada do preço do ouro pode tornar economicamente viável a lavra de corpos minerais que antes não possuíam interesse econômico. Desta forma, este trabalho teve como objetivo verificar a viabilidade econômica de um projeto de expansão de uma mina de ouro. A partir dos dados de orçamento fornecidos pela empresa, elaborou-se o fluxo de caixa do projeto. A viabilidade econômica foi analisada segundo os métodos do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de Retorno. Além disso, realizaram-se análises de sensibilidade da viabilidade econômica em relação às variáveis preço do ouro, taxa de câmbio e diluição. Observou-se que o projeto é viável do ponto de vista econômico, apresentando VPL de R\$ 14,8 milhões. Ademais, a partir das análises de sensibilidade, notou-se a importância de controlar os níveis de diluição a fim de tornar o projeto economicamente viável.

Palavras-chave: Viabilidade econômica. Mina de ouro. Fluxo de caixa. Diluição.

ABSTRACT

Mining companies constantly update and revise their models and strategies in order to adjust its operations to changing global and local scenarios. The escalate in gold prices in 2019 led mining companies to review the economic viability of their projects. This happens because surging gold prices can make it economically viable to mine mineral bodies that previously had no economic interest. Thus, this work aimed to verify the economic viability of a gold mine expansion project. A cash flow was structured based on data from the budget provided by the company. Economic viability was analyzed according to the Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return methods. In addition, sensitivity analyzes were performed in order to study the impact of gold price, exchange rate and dilution on the NPV. It was observed that the project is economically viable, with NPV of R\$ 14.8 million. Moreover, from the sensitivity analyzes, it was noted the importance of controlling dilution levels in order to make the project economically viable.

Keywords: Economic viability. Gold mine. Cash flow. Dilution.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Página
Figura 1 - Diferentes tipos de diluição	16
Figura 2 - Evolução do preço do ouro na década atual	20
Figura 3 - Taxa de câmbio a partir de 2018.....	22
Figura 4 - Preço do ouro a partir de 2018.....	22

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Desenvolvimento para expansão da área de produção.....	23
Tabela 2 - Dados de produção dos Realces	24
Tabela 3 - Produção total	24
Tabela 4 - Custos variáveis.....	25
Tabela 5 - Custos Fixos	25
Tabela 6 - Estrutura do cálculo do fluxo de caixa	26
Tabela 7 - Variáveis do projeto	28
Tabela 8 - Fluxo de caixa	30
Tabela 9 - Análise do VPL do projeto; valores em R\$ mil.....	31
Tabela 10 - Análise de sensibilidade do VPL com diluição igual a 10%	32
Tabela 11 - Análise de sensibilidade do VPL com diluição igual a 20%	32
Tabela 12 - Análise de sensibilidade do VPL com diluição igual a 30%	33
Tabela 13 - Análise de sensibilidade do VPL com diluição igual a 40%	33
Tabela 14 - Análise de sensibilidade do VPL com diluição igual a 50%	33
Tabela 15 - Análise de sensibilidade do VPL com diluição igual a 60%	34
Tabela 16 - Análise de sensibilidade do VPL com diluição igual a 15%	34

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

CEPEA: Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada

CFEM: Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais

CMMI: Council of Mining and Metallurgical Institutions

CRIRSCO: Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards

CEPEA: Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada

ESALQ: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

JORC: Joint Reserves Ore Committee

PR: Período de retorno

TIR: Taxa Interna de Retorno

TMA: Taxa Mínima de Atratividade

UN-ECE: United Nations Economic Commission for Europe

USP: Universidade de São Paulo

VPL: Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVO.....	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
3.1 RECURSOS E RESERVAS	13
3.2 TEORES	15
3.3 DILUIÇÃO.....	15
3.4 VIABILIDADE ECONÔMICA	16
3.5 TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE	17
3.6 FLUXO DE CAIXA DESCONTADO.....	17
3.7 MÉTODO DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO.....	18
3.8 MÉTODO DA TAXA INTERNA DE RETORNO	18
3.9 PREÇO DO OURO E TAXA DE CÂMBIO.....	19
4 METODOLOGIA.....	21
4.1 ANÁLISE DA TAXA DE CÂMBIO E PREÇO DO OURO	21
4.2 DADOS DO PROJETO	23
4.3 ELABORAÇÃO DO FLUXO DE CAIXA.....	25
4.4 INDICADORES ECONÔMICOS	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
5.1 FLUXO DE CAIXA	28
5.2 VIABILIDADE ECONÔMICA	31
5.3 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	32
6 CONCLUSÕES	36
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

Em um contexto cada vez mais competitivo e globalizado, empresas do setor mineral precisam constantemente atualizar e rever seus modelos de empreendimentos e suas estratégias para se adaptarem às mudanças nos cenários global e local. Preços de *commodities* e insumos, exposição cambial, questões geopolíticas e políticas tributárias são alguns exemplos dentre outros inúmeros que podem impactar as operações dessas empresas.

Com a disparada do preço do ouro no mundo em 2019, diversas empresas voltaram a estudar a viabilidade econômica de seus empreendimentos mineiros. O aumento do preço do ouro pode tornar economicamente viável a lavra de corpos minerais que antes não possuíam interesse econômico. Isso se aplica tanto a novos empreendimentos quanto à expansão de lavras para regiões com teores menores.

Aprofundando-se na questão econômica específica da indústria mineral, vive-se uma realidade na qual os recursos estão cada vez mais escassos. Existe também uma pressão da demanda devido ao crescente consumo de *commodities* minerais (MIRANDA JR., 2011). Além disso, o desenvolvimento de projetos mineiros necessita volumes elevados de capital. Deste modo, o planejamento de lavra e a avaliação econômica de um projeto são de extrema importância para o seu êxito.

Diversos projetos no Brasil foram implantados com base em avaliações preliminares pouco detalhadas em termos de dados técnicos. Por exemplo, modelos geológicos foram construídos a partir de malhas de sondagem específicas para definir apenas recursos indicados. Assim, conhecendo o corpo de minério com baixo grau de precisão, esses projetos possuem reduzida assertividade da produção e altos níveis de diluição. Com isso, a viabilidade econômica é comprometida.

Nesse cenário, para mitigar os erros dos modelos geológicos é necessário implantar uma sequência de estudos de forma sistemática e iterativa para agregar novos conhecimentos do maciço rochoso, da mineralização, do comportamento estrutural e geotécnico e demais aspectos tecnológicos (PIGNATARI, 2018).

A pesquisa desenvolvida neste trabalho fez uso de um caso de uma mina subterrânea de ouro localizada no estado do Mato Grosso, conhecida como Pau a Pique. A mina iniciou suas operações em 2011, originalmente pela empresa Yamana

Gold. Após encontrar dificuldades operacionais, iniciou trabalhos para aumentar o conhecimento da jazida, visando à viabilidade econômica do projeto. A mina paralisou suas operações e foi vendida em 2014, retomando as atividades apenas em 2017. Atualmente, a Aura Minerals opera a mina de Pau a Pique. Um novo programa de produção foi estabelecido para os anos de 2018, 2019 e 2020, sendo que o primeiro ano já foi superavitário.

2 OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo verificar a viabilidade econômica da operação da mina Pau a Pique no ano de 2020, com base nos dados financeiros de orçamento e previsão de produção nos modelos de planejamento disponibilizados pela empresa.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Recursos e reservas

Segundo Miranda Júnior (2011), recursos e reservas são classificados levando em consideração o nível de confiança da pesquisa. Conforme novos dados são obtidos a partir da atividade exploratória, as informações obtidas podem se tornar recursos e, no futuro, reservas dependendo de eventuais mudanças no cenário econômico, novos conceitos geológicos e avanços tecnológicos.

Antes de definir os tipos de recursos e reservas, a seguir é feito um breve histórico da origem das definições.

No âmbito internacional, desde 1994, o Comitê para Padrões Internacionais de Relatórios de Reservas Minerais (*Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards - CRIRSCO*) trabalhava para criar um conjunto de definições internacionais padrão para o relatório de Recursos Minerais e Reservas Minerais (Minério), com base nas definições do Código JORC (*Joint Reserves Ore Committee*). O CRIRSCO foi inicialmente um comitê do Conselho de Instituições de Mineração e Metalurgia (*Council of Mining and Metallurgical Institutions - CMMI*).

Kernot (1999) explica que, para minimizar os problemas de comparação e para estabelecer um padrão internacional, os principais órgãos de geologia e de mineração da Austrália, Canadá, África do Sul, EUA e Reino Unido chegaram a um acordo sobre definições padrão para reportar recursos e reservas em 1997.

Em 1998 foi acordado incorporar as definições do CMMI (praticamente idênticas ao Código JORC) na Estrutura Internacional de Classificação de Reservas e Recursos - Combustíveis Sólidos e Commodities Minerais, desenvolvida pela Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa (*United Nations Economic Commission for Europe - UN-ECE*).

O código JORC (2012) define recurso mineral como uma concentração anômala de material de interesse econômico na crosta terrestre com chance razoável de extração economicamente viável. Recursos minerais são classificados, em ordem crescente de pesquisa e conhecimento, como inferido, indicado e medido. As subdivisões de recursos minerais são:

- 1) **Recurso Mineral Inferido:** é a parte de um Recurso Mineral na qual teor, massa e composição mineral são estimados com base em evidências geológicas e amostragens limitadas, ou seja, com um reduzido nível de confiança;
- 2) **Recurso Mineral Indicado:** é a parte de um Recurso Mineral cuja massa, teor, densidades, forma e características físicas são estimadas com um nível de confiança suficiente para permitir o planejamento de lavra e a análise de viabilidade econômica do depósito;
- 3) **Recurso Mineral Medido:** é a parte de um Recurso Mineral cuja massa, teor, densidades, forma, características físicas e composição mineral são estimadas com confiança suficiente para apoiar o planejamento detalhado da mina e a avaliação final da viabilidade econômica do depósito. Um Recurso Mineral Medido tem um nível de confiança mais alto que o de um Recurso Mineral Indicado e muito mais alto que o de um Recurso Mineral Inferido.

O código também define os fatores modificadores, os quais são considerados para converter um recurso em reserva mineral. Os fatores podem ser operacionais de lavra, metalúrgicos, econômicos, comerciais, legais, ambientais, sociais e governamentais.

O código JORC (2012) define uma reserva mineral como a parte de um Recurso Mineral Medido e/ou Indicado que pode ser lavrável do ponto de vista econômico. A reserva mineral também é subdividida em:

- 1) **Reserva Mineral Provável:** é a parte de um Recurso Mineral Indicado ou Medido que pode ser lavrada do ponto de vista econômico. O nível de confiança é menor quando comparado ao da Reserva Mineral Provada;
- 2) **Reserva Mineral Provada:** é a parte de um Recurso Mineral Medido que pode ser lavrada do ponto de vista econômico. Possui mais alto nível de confiança de estimativa.

3.2 Teores

Os teores médio, de corte e crítico são fatores muito importantes em um projeto de mineração e, em específico, em estudos de avaliação econômica. Logo, é conveniente apresentar a definição de cada um.

Silva (2009 apud MIRANDA JÚNIOR, 2011) define teor médio como “a medida da quantidade de mineral por unidade de metal em volume ou massa e pode ser expresso na forma kg/m^3 , g/t ou em porcentagem por massa (metal, cinzas, voláteis, etc.)”. Para Orche García (1999) o cálculo do teor médio de uma jazida pode ser realizado através do método da média ponderada, de métodos estatísticos, do método do inverso da distância combinado com o método da média ponderada e, por fim, por métodos geoestatísticos.

Já o teor de corte é o teor mínimo da produção para que a operação seja rentável. É uma das métricas mais utilizadas para avaliar uma decisão estratégica de planejamento de lavra. Rendu (2008) afirma que o teor de corte impacta de maneira direta a rentabilidade da mina e sua vida útil. Por exemplo, um teor de corte elevado pode ser utilizado estrategicamente no começo do projeto para aliviar o fluxo de caixa no início do empreendimento, aumentando o valor presente líquido. Assim, o teor de corte pode ser ajustado conforme a necessidade da empresa.

Por fim, o teor crítico é o teor mínimo para o qual a receita gerada pela venda da substância é igual à soma dos custos e despesas de obtenção. Logo, assume-se que uma empresa que opera com teor menor do que o teor crítico é deficitária.

3.3 Diluição

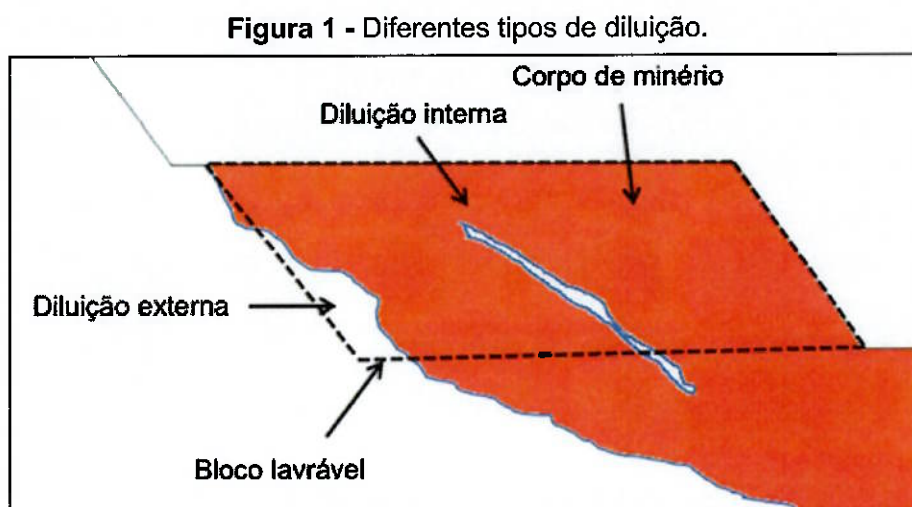
Para Ebrahimi (2013) a diluição é um dos mais importantes fatores que afetam o desempenho econômico financeiro de projetos de mineração. A diluição pode ser definida como a razão entre a quantidade de estéril lavrada e a quantidade total de material lavrado. Essa razão é expressa em porcentagem segundo a fórmula 1.

$$\text{Diluição} = \frac{\text{Estéril}}{(\text{Minério} + \text{Estéril})} \times 100 \quad (1)$$

Em termos financeiros, fica evidente que a diluição aumenta o custo operacional uma vez que aumenta a quantidade de material lavrado e processado, enquanto diminui seu teor.

Ebrahimi (2013) ressalta que a diluição varia com base nas características de cada depósito, nos aspectos operacionais do projeto e no teor de corte. O formato do corpo de minério, a disposição deste corpo na crosta terrestre, o método de lavra e as condições do mercado impactam o nível de diluição aceito em uma mina.

A diluição advém do fato de que, em muitos casos, é praticamente inevitável lavar porções de estéril ou regiões de baixos teores juntamente com o minério. A diluição pode ocorrer de duas formas. Quando essas porções de estéril ou regiões de baixo teor ocorrem dentro do corpo de minério, trata-se de diluição interna; quando ocorrem fora do corpo, é denominada diluição externa. A **Figura 1** ilustra ambos os casos:



Fonte: Traduzido de Ebrahimi (2013).

3.4 Viabilidade econômica

Revuelta e Jimeno (2000) destacam que o estudo da viabilidade econômica de um projeto mineiro é um dos três pilares do processo de avaliação. Os três pilares são: técnico, econômico-financeiro e socioeconômico. Os três são igualmente importantes, porém normalmente são realizados em diferentes estágios de desenvolvimento do projeto. Em geral, a abordagem técnica é o primeiro aspecto a

ser estudado enquanto a análise econômico-financeira se dá em etapas mais avançadas, mas vale a ressalva de que todos os estudos podem ser realizados simultaneamente.

Estudar a viabilidade econômica de um projeto de mineração significa estimar e analisar as perspectivas futuras de desempenho financeiro baseado em estimativas de produção, desenvolvimento, custos, preço de *commodities*, taxa de câmbio, dentre outras variáveis associadas ao projeto.

Para avaliar o desempenho econômico de um projeto são utilizados indicadores financeiros como, por exemplo, valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), período de retorno (PR) ou *payback*, entre outros. A interpretação dos indicadores permite avaliar a atratividade do investimento. É uma boa prática utilizar mais de um indicador de desempenho para tomar uma decisão de investimento.

3.5 Taxa mínima de atratividade

A taxa mínima de atratividade (TMA) representa o retorno mínimo esperado pelo investidor. De forma simplificada, a TMA é a taxa de rendimento mínima que um investimento deve ter para justificar o aporte de capital.

Em um projeto empresarial, a TMA é composta pelo custo de capital da empresa somado a uma taxa que representa o risco do investimento. O custo de capital de uma empresa é custo do recurso financeiro da empresa, composto pelo custo de capital de terceiros (empréstimos e financiamentos) e pelo custo do capital próprio (recursos dos acionistas).

3.6 Fluxo de caixa descontado

O fluxo de caixa é o instrumento financeiro utilizado para representar as movimentações financeiras de acordo com tempo. Santos (2001) pondera que o fluxo de caixa objetiva fornecer estimativas do caixa da empresa ao longo do tempo.

Assis (2016) define que o dinheiro é uma variável de quatro dimensões: moeda, valor, tempo (data) e direção (pagamento ou recebimento). Um valor monetário só

possui real significado se for informado o seu valor, a moeda, a data de sua ocorrência e se é um pagamento ou recebimento da quantia referida.

Considerando a existência de valor do dinheiro no tempo, ou seja, juro, não é correto do ponto de vista financeiro somar ou subtrair valores monetários em datas diferentes. Para realizar tais operações, é necessário descontar valores futuros ou capitalizá-los para uma data única utilizando uma taxa adequada.

A técnica do fluxo de caixa descontado compreende descontar os fluxos de caixa futuros a valor presente utilizando uma taxa de desconto. Em geral, essa taxa de desconto é a TMA.

3.7 Método do valor presente líquido

O fluxo de caixa descontado é utilizado para aplicar o método do valor presente líquido (VPL). O VPL consiste na somatória dos fluxos de caixa descontados. O VPL é calculado a partir da fórmula 2.

$$VPL = FC_0 + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \frac{FC_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n} \quad (2)$$

Onde FC_0 representa o fluxo de caixa inicial, FC_n o fluxo de caixa na data n e i a taxa mínima de atratividade.

O VPL é utilizado para análise de decisão de investimento segundo os critérios a seguir:

- 1) Se $VPL < 0$, o investimento é lucrativo;
- 2) Se $VPL = 0$, é indiferente realizar o investimento;
- 3) Se $VPL > 0$, o investimento dá prejuízo.

3.8 Método da taxa interna de retorno

A taxa interna de retorno (TIR) representa a rentabilidade de um investimento em um projeto. Para Motta e Calôba (2002 apud Strachoski, 2011) a TIR mede a rentabilidade de um investimento por unidade de tempo.

Matematicamente, a TIR é a taxa que torna o VPL nulo. A TIR é calculada a partir da fórmula 3.

$$0 = FC_0 + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \frac{FC_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n} \quad (3)$$

Onde FC_0 representa o fluxo de caixa inicial, FC_n o fluxo de caixa na data n e i a taxa interna de retorno.

A TIR é utilizada para análise de decisão de investimento segundo os critérios a seguir:

- 1) Se $TIR < TMA$, o investimento é lucrativo;
- 2) Se $TIR = TMA$, é indiferente realizar o investimento;
- 3) Se $TIR > TMA$, o investimento dá prejuízo.

3.9 Preço do ouro e taxa de câmbio

O preço do ouro se trata de uma das mais importantes variáveis relacionadas ao projeto. Segundo Miranda Júnior (2011), a maioria das empresas de mineração não possui meios de controlar os preços das *commodities* e, dado que todo o planejamento se baseia nos preços futuros, a incerteza aumenta a complexidade do planejamento.

O resultado econômico-financeiro do projeto está diretamente relacionado ao preço do ouro. O maior risco relacionado aos preços das *commodities* no geral, incluindo o ouro, é a alta volatilidade que apresentam. Em contrapartida, esse risco é mitigado no presente caso, dado que se trata de um projeto de apenas um ano e o preço do ouro está num cenário de alta.

O ouro no mundo é compreendido como reserva de valor, ou seja, é um ativo que possui demanda diretamente ligada à percepção de risco. O cenário econômico mundial passa por uma fase delicada em 2019, com percepção de risco aumentando dada a desaceleração das economias mundiais, recessão na Alemanha, desaceleração do PIB da China, a intensificação da guerra comercial entre Estados Unidos e China, "Brexit" (saída do Reino Unido da União Europeia), a crise econômica e moratória na Argentina. Todos são fatores que aumentam o risco na economia global

e, em consequência, favorecem a alta do ouro. Em 2019, até o mês de outubro, houve alta de 18% no preço do ouro, alcançando os maiores níveis de preço desde janeiro de 2013, como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Evolução do preço do ouro na década atual.



Fonte: Elaboração própria; dados do World Gold Council (2019)

Outra variável importante para projetos de mineração de ouro é a taxa de câmbio. A apreciação do dólar em relação ao real é favorável para o projeto, uma vez que o preço do ouro é definido em dólares.

Assim como o cenário benigno para alta do ouro, o cenário da taxa de câmbio também é positivo do ponto de vista da empresa. O dólar se fortaleceu em relação à maioria das moedas no mundo, incluindo o real, e continua a tendência de alta e relação à moeda brasileira, tendência suportada inclusive pelo elevado nível de endividamento em dólar de empresas nacionais.

4 METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste trabalho consistiu na elaboração do fluxo de caixa do projeto do ano de 2020 com base nos dados disponibilizados pela Aura Minerals e valores estimados da taxa de câmbio e preço do ouro. A partir do fluxo de caixa foi aplicado o método do valor presente líquido para analisar a viabilidade do projeto.

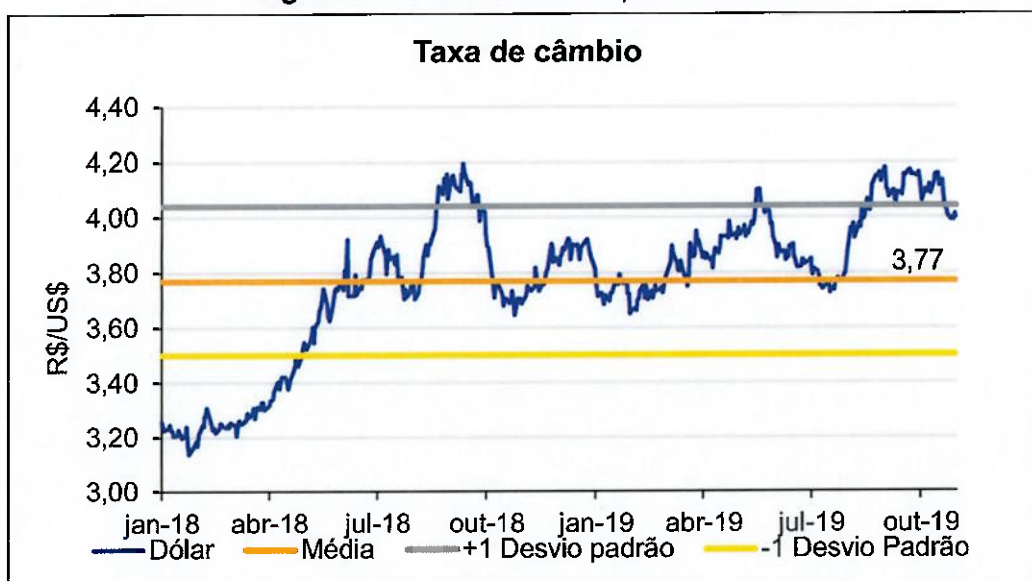
Contudo, esse cenário compreende apenas valores estáticos para variáveis taxa de câmbio, preço do ouro e diluição. Para complementar os estudos, foram feitas análises de sensibilidade da viabilidade em relação a essas variáveis.

4.1 Análise da taxa de câmbio e preço do ouro

Para a elaboração do fluxo de caixa, foram assumidos valores do preço do ouro e da taxa de câmbio. Para tanto, Wellmer et al. (2008) pontuam que o desenvolvimento histórico de preços de um metal específico deve ser a base de projeções futuras. Contudo, não se deve estimar o preço futuro com base em regiões de pico. É uma boa prática realizar a estimativa com um desconto do preço atual, para maior segurança no planejamento. O mesmo vale para a taxa de câmbio.

O dólar americano se valorizou 3,2% frente à moeda brasileira em 2019 até o mês de outubro, chegando a picos de 4,18 R\$/US\$, equivalente a 7,9% de alta. A média da taxa de câmbio de 2019 até o mês de outubro foi 3,91 R\$/US\$. Aumentando o histórico de preços, como mostra a Figura 3, desde janeiro de 2018 a outubro de 2019, a média foi de 3,77 R\$/US\$. Em prol da segurança do projeto, a taxa de câmbio média utilizada para calcular o fluxo de caixa foi de 3,80 R\$/US\$, mais próxima da média dos últimos dois anos do que da média de 2019. O valor médio estimado representa um desconto de 5% em relação ao nível 4,01 (fechamento do dia 31/10/2019) e 10% em relação ao pico de 2019 (até o mês de outubro).

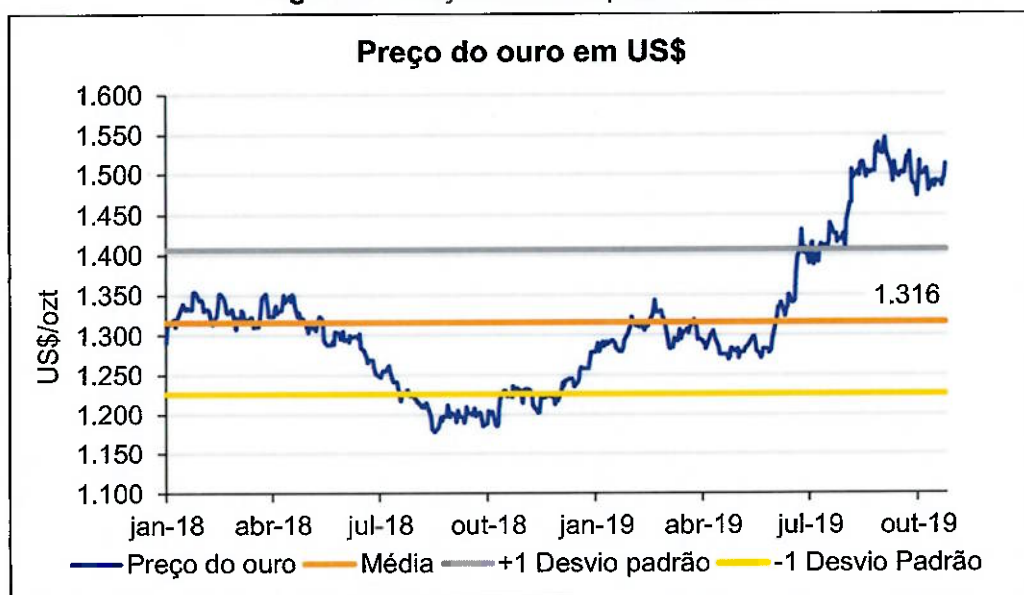
Figura 3 - Taxa de câmbio a partir de 2018.



Fonte: Elaboração própria; dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) / ESALQ. (2019)

Em 2019, o ouro sofreu uma apreciação de 18% até o mês de outubro e se encontra numa região de pico dos últimos 6 anos, como abordado no item 3.9. A Figura 4 ilustra o gráfico do preço do ouro a partir de janeiro 2018 até outubro de 2019, bem como a média do período (US\$ 1.316/ozt) e os níveis da média somando e subtraindo o desvio padrão do período.

Figura 4 - Preço do ouro a partir de 2018



Fonte: Elaboração própria; dados do World Gold Council (2019)

Diferente da estimativa da taxa de câmbio, como o ouro se encontra numa região de pico na data do presente trabalho, a estimativa teve um desconto aproximado de 15% em relação ao preço de pico de 2019, resultando em US\$ 1.300/ozt, próximo do valor médio apresentado na Figura 4.

4.2 Dados do projeto

Antes de descrever o projeto, faz-se necessário pontuar que o presente trabalho não estuda os dados fornecidos pela empresa, mas sim, os usa como premissas. Os dados que compõem o orçamento (produção, custos, duração, etc.) são assumidos como premissas para estudar a viabilidade econômica do projeto e não são objeto de estudo deste trabalho.

O projeto em questão compreende a expansão da operação já existente na mina. O orçamento disponibilizado determina uma duração de 14 meses a partir do início das operações de expansão. A empresa forneceu o orçamento com os dados de produção e custos estimados.

O cenário base do orçamento considera 20% de diluição nas regiões de desenvolvimento e não considera diluição nos realces. Os dados de produção se encontram nas Tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1 - Desenvolvimento para expansão da área de produção

Data	Desenvolvimento da mina				
	Minério (t)	Teor (g/t)	Ouro (ozt)	Desenvolvimento Primário (m)	Desenvolvimento Secundário (m)
jan/20	3.296	1,86	197	156	86
fev/20	-	-	-	242	-
mar/20	-	-	-	253	-
abr/20	415	2,36	32	235	8
mai/20	2.417	1,33	104	210	56
jun/20	1.483	3,49	166	210	55
jul/20	1.919	1,56	96	179	71
ago/20	5.437	1,90	332	103	151
set/20	8.659	2,02	562	50	227
out/20	10.677	1,53	524	12	252
nov/20	2.461	1,60	126	-	91
dez/20	-	-	-	-	-
jan/21	-	-	-	-	-
fev/21	-	-	-	-	-
Total	36.764	1,81	2.138	1.651	995

Fonte: Elaboração própria; dados fornecidos pela empresa.

Tabela 2 - Dados de produção dos Realces.

Data	Realces		
	Minério (t)	Teor (g/t)	Ouro (ozt)
jan/20	-	-	-
fev/20	-	-	-
mar/20	-	-	-
abr/20	-	-	-
mai/20	-	-	-
jun/20	-	-	-
jul/20	6.521	4,91	1.029
ago/20	8.301	4,32	1.152
set/20	11.666	3,20	1.199
out/20	12.555	3,67	1.482
nov/20	15.448	3,30	1.637
dez/20	20.238	1,91	1.241
jan/21	23.253	1,73	1.292
fev/21	19.431	2,68	1.673
Total	117.412	2,84	10.704

Fonte: Elaboração própria; dados fornecidos pela empresa

Tabela 3 – Produção total.

Data	Total (Realces + Desenvolvimento)		
	Minério (t)	Teor (g/t)	Ouro (ozt)
jan/20	3.296	1,86	197
fev/20	-	-	-
mar/20	-	-	-
abr/20	415	2,36	32
mai/20	2.417	1,33	104
jun/20	1.483	3,49	166
jul/20	8.439	4,14	1.125
ago/20	13.738	3,36	1.484
set/20	20.325	2,69	1.760
out/20	23.232	2,69	2.006
nov/20	17.909	3,06	1.763
dez/20	20.238	1,91	1.241
jan/21	23.253	1,73	1.292
fev/21	19.431	2,68	1.673
Total	154.175	2,59	12.842

Fonte: Elaboração própria; dados fornecidos pela empresa

As estimativas de custos do projeto são apresentadas nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 - Custos variáveis.

Descrição	Unidade	R\$/unidade
Desenvolvimento Primário	m	3649,66
Desenvolvimento Secundário	m	6390,99
Realce	t	57,66
Planejamento/Topografia	t	3,11
Outros custos	ozt	187,60
Custos da Planta	t	38,22
Equipamentos Auxiliares	t	7,51
<i>Backfill</i>	t	2,24
Bombeamento	t	4,33
Ventilação	t	11,60

Fonte: Elaboração própria; dados fornecidos pela empresa

Tabela 5 - Custos Fixos.

Descrição	Unidade	R\$/unidade
G&A	t	12,03
SSMA	t	6,70
Manutenção	t	16,57
<i>Overhead</i>	t	3,59

Fonte: Elaboração própria; dados fornecidos pela empresa

Onde G&A (*General and Administrative*) são custos gerais e administrativos, SSMA são os custos relacionados a Saúde, Segurança e Meio Ambiente e *Overhead* são outros custos indiretos.

4.3 Elaboração do fluxo de caixa

O cálculo do fluxo de caixa se baseia nos dados de produção e de custos mencionados anteriormente. A empresa não incluiu no orçamento valores de amortização e depreciação, logo não são considerados no fluxo de caixa.

Um dos componentes do fluxo de caixa é a receita bruta. O cálculo simplificado da receita bruta é a multiplicação da quantidade de ouro lavrada pelo preço do ouro. Contudo, neste trabalho a receita bruta foi calculada utilizando, adicionalmente, o fator de recuperação médio dos últimos dois anos de operação. De acordo com a empresa, esse fator foi de 88%.

Outro componente do fluxo de caixa é o imposto. No caso da mineração, o art. 6º da Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, define que “a exploração de recursos minerais ensejará o recolhimento da Compensação Financeira pela Exploração de

Recursos Minerais (CFEM)” (BRASIL, 1989). A alíquota da CFEM sobre o ouro é definida no item (a) do anexo da Lei Nº 13.540, de 18 de dezembro de 2017 com o valor de 1,5% (BRASIL, 2017). De acordo com essa mesma lei, a alíquota incide sobre a receita bruta da venda (BRASIL, 2017).

Dessa forma, o fluxo de caixa foi estruturado de acordo com Tabela 6.

Tabela 6 - Estrutura do cálculo do fluxo de caixa

Receita Bruta
(-) Imposto
(-) Custo Fixo
G&A
SSMA
Manutenção
Overhead
(-) Custo Variável
Desenvolvimento Primário
Desenvolvimento Secundário
Realce
Planejamento/Topografia
Outros custos
Custos da Planta
Equipamentos Auxiliares
Backfill
Bombeamento
Ventilação
(=) Fluxo de Caixa Líquido

Fonte: Elaboração própria.

4.4 Indicadores econômicos

A análise da viabilidade econômica do projeto se baseia na interpretação dos indicadores econômicos VPL e TIR descritos nos itens 3.7 e 3.8 respectivamente. Os indicadores são utilizados em conjunto para se chegar a uma conclusão sobre a viabilidade.

Para se obter a TIR, o cálculo foi realizado utilizando a equação 3 apresentada anteriormente. Já para calcular o VPL foi necessário definir a taxa de desconto, TMA, e aplicá-la ao fluxo de caixa, como na equação 2.

Em geral, cada empresa possui uma TMA específica, dado que o custo de capital e os riscos envolvidos nos projetos são únicos para cada empresa. Contudo, por questões de sigilo e estratégia, essa informação não foi disponibilizada.

A TMA pode ser calculada de diversos métodos. Porém, como não se trata do objetivo do presente trabalho, e prezando pela segurança do estudo econômico, foi assumido o valor de 15% ao ano para a TMA. O valor assumido é três vezes maior do que a taxa de juros básica no Brasil na data deste trabalho.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir é apresentado o cálculo do fluxo de caixa baseado nos dados dispostos no item 4.2 segundo a metodologia apresentada no item 4.3. Primeiramente, é apresentado o fluxo de caixa baseado nos valores estimados de preço do ouro, taxa de câmbio (ambos descritos no item 4.1) e diluição (apresentada no item 4.2), conforme a Tabela 7.

Tabela 7 - Variáveis do projeto

Preço do ouro (US\$/ozt)	1.300,00
Taxa de câmbio (R\$/US\$)	3,80
Diluição	
Desenvolvimento	20%
Realces	0%

Fonte: Elaboração própria.

Em seguida, a viabilidade econômica do projeto é avaliada segundo os critérios de análise dos indicadores econômicos, como descrito nos itens 3.7 e 3.8.

Por fim, são apresentadas as análises de sensibilidade dos indicadores alterando os valores das variáveis da Tabela 7.

5.1 Fluxo de caixa

Conforme detalhado no item 4.3, a receita bruta é calculada utilizando a equação 4.

$$Receita\ bruta = Q \times P \times R \quad (4)$$

Onde Q é a quantidade total de ouro lavrada, P o preço do ouro, R o fator de recuperação de 88%.

Os valores de custos fixos e variáveis são obtidos utilizando as informações das tabelas dispostas no item 4.2. É importante destacar que todos os custos que possuem valor unitário em R\$/t são calculados com quantidade total de minério lavrada, presente na Tabela 3, exceto o custo do realce, o qual é calculado a partir da

quantidade total de minério presente na Tabela 2. Tanto o imposto quanto o custo fixo foram distribuídos igualmente ao longo dos meses.

A Tabela 8 contém o fluxo de caixa do projeto. Os valores entre parênteses são negativos.

Tabela 8 - Fluxo de caixa.

Valores em R\$ mil	jan/20	fev/20	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	out/20	nov/20	dez/20	jan/21	fev/21
Receita Bruta	856	0	0	137	451	723	4.889	6.450	7.653	8.720	7.665	5.394	5.617	7.273
Imposto	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)	(60)
Custo Fixo	(428)	(428)	(428)	(428)	(428)	(428)	(428)	(428)	(428)	(428)	(428)	(428)	(428)	(428)
G&A	(132)	(132)	(132)	(132)	(132)	(132)	(132)	(132)	(132)	(132)	(132)	(132)	(132)	(132)
SSMA	(74)	(74)	(74)	(74)	(74)	(74)	(74)	(74)	(74)	(74)	(74)	(74)	(74)	(74)
Manutenção	(182)	(182)	(182)	(182)	(182)	(182)	(182)	(182)	(182)	(182)	(182)	(182)	(182)	(182)
Overhead	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)	(40)
Custo Variável	(1.371)	(884)	(925)	(941)	(1.299)	(1.245)	(2.235)	(2.985)	(3.958)	(4.266)	(2.961)	(2.728)	(3.112)	(2.699)
Desenvolvimento Primário	(570)	(884)	(925)	(859)	(765)	(765)	(654)	(376)	(184)	(45)	0	0	0	0
Desenvolvimento Secundário	(548)	0	0	(50)	(355)	(353)	(453)	(964)	(1.449)	(1.609)	(579)	0	0	0
Realce	0	0	0	0	0	0	(376)	(479)	(673)	(724)	(891)	(1.167)	(1.341)	(1.120)
Planejamento/Topografia	(10)	0	0	(1)	(8)	(5)	(26)	(43)	(63)	(72)	(56)	(63)	(72)	(60)
Outros custos	(33)	0	0	(5)	(17)	(27)	(186)	(245)	(291)	(331)	(291)	(205)	(213)	(276)
Custos da Planta	(126)	0	0	(16)	(92)	(57)	(323)	(525)	(777)	(888)	(684)	(773)	(889)	(743)
Equipamentos Auxiliares	(25)	0	0	(3)	(18)	(11)	(63)	(103)	(153)	(174)	(134)	(152)	(175)	(146)
Backfill	(7)	0	0	(1)	(5)	(3)	(19)	(31)	(46)	(52)	(40)	(45)	(52)	(44)
Bombeamento	(14)	0	0	(2)	(10)	(6)	(37)	(59)	(88)	(101)	(78)	(88)	(101)	(84)
Ventilação	(38)	0	0	(5)	(28)	(17)	(98)	(159)	(236)	(269)	(208)	(235)	(270)	(225)
Fluxo de Caixa	(1.003)	(1.372)	(1.413)	(1.292)	(1.336)	(1.010)	2.166	2.977	3.207	3.966	4.216	2.178	2.017	4.086

Fonte: Elaboração própria.

5.2 Viabilidade econômica

A Tabela 9 apresenta o valor presente dos fluxos de caixa mensais da Tabela 8 e o VPL acumulado ao longo do projeto.

Tabela 9 - Análise do VPL do projeto; valores em R\$ mil.

Data	Valor Presente do fluxo de caixa	VPL acumulado
jan/20	(992)	(992)
fev/20	(1.341)	(2.332)
mar/20	(1.364)	(3.697)
abr/20	(1.234)	(4.930)
mai/20	(1.261)	(6.191)
jun/20	(942)	(7.133)
jul/20	1.997	(5.136)
ago/20	2.712	(2.424)
set/20	2.888	464
out/20	3.530	3.993
nov/20	3.709	7.702
dez/20	1.894	9.596
jan/21	1.734	11.330
fev/21	3.471	14.801

Fonte: Elaboração própria.

Analisando o valor presente dos fluxos de caixa, é possível notar que os primeiros meses de operação são críticos. De janeiro a junho de 2020 o projeto é deficitário, ou seja, será necessário realizar investimentos até esse mês. Além disso, analisando o VPL acumulado, nota-se que o projeto possui VPL negativo até agosto de 2020.

Contudo, ao final dos 14 meses de operação, o projeto apresenta um VPL de R\$ 14,8 milhões. Logo, segundo o critério de análise pelo VPL o projeto é lucrativo.

Confirmando a análise do VPL, a TIR do fluxo de caixa é de 705% ao ano, maior do que a TMA de 15% ao ano. Logo, pelo método da TIR o projeto também é lucrativo.

5.3 Análise de sensibilidade

Como descrito anteriormente, nenhum empreendimento mineiro tem controle sobre as variáveis de preço das *commodities* e taxas de câmbio, as quais possuem impacto direto no VPL. Além disso, outra variável que possui impacto no resultado do projeto, mas possui relativo grau de controle, é a diluição. Logo, nas Tabelas 10, 11, 12, 13, 14 e 15 a seguir são apresentadas análises de sensibilidade do VPL em diferentes cenários das variáveis mencionadas. Os valores do VPL são apresentados em milhares de reais.

Tabela 10 - Análise de sensibilidade do VPL com diluição igual a 10%.

R\$/US\$ \ US\$/ozt	US\$/ozt						
	1.100	1.200	1.300	1.400	1.500	1.600	1.700
3,40	1.249	4.607	7.964	11.322	14.679	18.037	21.394
3,60	3.422	6.977	10.532	14.087	17.642	21.197	24.752
3,80	5.594	9.347	13.099	16.852	20.604	24.357	28.110
4,00	7.767	11.717	15.667	19.617	23.567	27.517	31.467
4,20	9.939	14.087	18.234	22.382	26.529	30.677	34.825
4,40	12.112	16.457	20.802	25.147	29.492	33.837	38.182
4,60	14.284	18.827	23.369	27.912	32.455	36.997	41.540

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 11 - Análise de sensibilidade do VPL com diluição igual a 20%.

R\$/US\$ \ US\$/ozt	US\$/ozt						
	1.100	1.200	1.300	1.400	1.500	1.600	1.700
3,40	(453)	2.904	6.262	9.620	12.977	16.335	19.692
3,60	1.719	5.275	8.830	12.385	15.940	19.495	23.050
3,80	3.892	7.645	11.397	15.150	18.902	22.655	26.407
4,00	6.065	10.015	13.965	17.915	21.865	25.815	29.765
4,20	8.237	12.385	16.532	20.680	24.827	28.975	33.123
4,40	10.410	14.755	19.100	23.445	27.790	32.135	36.480
4,60	12.582	17.125	21.667	26.210	30.752	35.295	39.838

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 12 - Análise de sensibilidade do VPL com diluição igual a 30%.

R\$/US\$ \ US\$/ozt	US\$/ozt						
	1.100	1.200	1.300	1.400	1.500	1.600	1.700
3,40	(2.155)	1.202	4.560	7.918	11.275	14.633	17.990
3,60	17	3.572	7.128	10.683	14.238	17.793	21.348
3,80	2.190	5.942	9.695	13.448	17.200	20.953	24.705
4,00	4.362	8.313	12.263	16.213	20.163	24.113	28.063
4,20	6.535	10.683	14.830	18.978	23.125	27.273	31.420
4,40	8.708	13.053	17.398	21.743	26.088	30.433	34.778
4,60	10.880	15.423	19.965	24.508	29.050	33.593	38.136

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 13 - Análise de sensibilidade do VPL com diluição igual a 40%.

R\$/US\$ \ US\$/ozt	US\$/ozt						
	1.100	1.200	1.300	1.400	1.500	1.600	1.700
3,40	(3.857)	(500)	2.858	6.215	9.573	12.931	16.288
3,60	(1.685)	1.870	5.425	8.980	12.536	16.091	19.646
3,80	488	4.240	7.993	11.746	15.498	19.251	23.003
4,00	2.660	6.610	10.561	14.511	18.461	22.411	26.361
4,20	4.833	8.980	13.128	17.276	21.423	25.571	29.718
4,40	7.005	11.351	15.696	20.041	24.386	28.731	33.076
4,60	9.178	13.721	18.263	22.806	27.348	31.891	36.433

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 14 - Análise de sensibilidade do VPL com diluição igual a 50%.

R\$/US\$ \ US\$/ozt	US\$/ozt						
	1.100	1.200	1.300	1.400	1.500	1.600	1.700
3,40	(5.559)	(2.202)	1.156	4.513	7.871	11.228	14.586
3,60	(3.387)	168	3.723	7.278	10.833	14.389	17.944
3,80	(1.214)	2.538	6.291	10.043	13.796	17.549	21.301
4,00	958	4.908	8.858	12.808	16.759	20.709	24.659
4,20	3.131	7.278	11.426	15.574	19.721	23.869	28.016
4,40	5.303	9.648	13.994	18.339	22.684	27.029	31.374
4,60	7.476	12.018	16.561	21.104	25.646	30.189	34.731

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 15 - Análise de sensibilidade do VPL com diluição igual a 60%

R\$/US\$ \ US\$/ozt	US\$/ozt						
	1.100	1.200	1.300	1.400	1.500	1.600	1.700
3,40	(7.261)	(3.904)	(546)	2.811	6.169	9.526	12.884
3,60	(5.089)	(1.534)	2.021	5.576	9.131	12.686	16.241
3,80	(2.916)	836	4.589	8.341	12.094	15.846	19.599
4,00	(744)	3.206	7.156	11.106	15.056	19.007	22.957
4,20	1.429	5.576	9.724	13.871	18.019	22.167	26.314
4,40	3.601	7.946	12.291	16.636	20.982	25.327	29.672
4,60	5.774	10.316	14.859	19.402	23.944	28.487	33.029

Fonte: Elaboração própria.

As análises de sensibilidade evidenciam que, mesmo no pior caso de diluição, o VPL para o cenário base (3,80 R\$/US\$ e 1.300 US\$/ozt) continua maior do que zero, confirmando que o projeto deve ser aceito.

Entretanto, o controle da diluição é de extrema importância para o êxito do projeto. Administrar mal o nível de diluição, combinado com uma desvalorização do dólar e queda do preço do ouro, podem causar resultados negativos, ou seja, prejuízo, como fica evidente nas Tabelas de 11 a 15.

Segundo dados históricos que a empresa forneceu, a diluição operacional média desde o início das operações (janeiro de 2018) é de 15%. Assim, em complemento às outras análises, a Tabela 16 apresenta a sensibilidade do VPL utilizando a diluição operacional fornecida pela empresa.

Tabela 16 - Análise de sensibilidade do VPL com diluição igual a 15%

R\$/US\$ \ US\$/ozt	US\$/ozt						
	1.100	1.200	1.300	1.400	1.500	1.600	1.700
3,40	398	3.756	7.113	10.471	13.828	17.186	20.543
3,60	2.571	6.126	9.681	13.236	16.791	20.346	23.901
3,80	4.743	8.496	12.248	16.001	19.753	23.506	27.258
4,00	6.916	10.866	14.816	18.766	22.716	26.666	30.616
4,20	9.088	13.236	17.383	21.531	25.678	29.826	33.974
4,40	11.261	15.606	19.951	24.296	28.641	32.986	37.331
4,60	13.433	17.976	22.518	27.061	31.604	36.146	40.689

Fonte: Elaboração própria.

Analisando os dados da Tabela 16, é possível afirmar que se a empresa mantiver os padrões de controle de diluição apresentados desde 2018 e as variáveis de mercado se mantiverem no intervalo estudado, verifica-se que o projeto é atrativo

do ponto de vista econômico-financeiro. O fato de ter apenas 14 meses de duração favorece a viabilidade econômica, pois as variáveis de mercado possuem menos tempo para oscilarem, ou seja, menos probabilidade de alcançar níveis que inviabilizariam o projeto.

6 CONCLUSÕES

Utilizando o cenário base informado pela empresa, de acordo com os critérios de avaliação dos indicadores econômicos VPL e TIR, o projeto de mineração estudado no presente trabalho é economicamente viável. A análise do VPL do fluxo de caixa no item 5.2 mostrou que o projeto é atrativo do ponto de vista econômico, porém não apresenta lucro até junho 2020 o que evidencia a necessidade de investimentos até essa data.

Apesar disso, faz-se necessário pontuar que o projeto pode se tornar inviável caso as variáveis oscilem para valores desfavoráveis. As análises de sensibilidade com diluição maior ou igual a 20% apresentaram VPL negativo nos cenários em que o dólar e o preço do ouro estão desvalorizados. Contudo, esses cenários estão distantes da realidade atual deste trabalho e os valores assumidos para a análise do cenário base (3,80 R\$/US\$ e 1.300 US\$/ozt) já possuem um desconto em relação aos preços atuais.

Por fim, é válido ressaltar a importância da diluição na análise da viabilidade econômica. Das três variáveis estudadas, preço do ouro, taxa de câmbio e diluição, a última é a única que pode ser prevista com certo grau de precisão, relacionada diretamente ao conhecimento geológico do maciço rochoso. A análise da Tabela 16 permite concluir que, se a empresa mantiver ou melhorar os padrões de controle de diluição apresentados desde 2018, o projeto é viável mesmo com os valores mais desfavoráveis de taxa de câmbio e preço do ouro nos intervalos considerados. Assim, recomenda-se realizar o controle da diluição da forma mais precisa possível dentro da realidade da empresa a fim de obter maior lucratividade do projeto.

REFERÊNCIAS

ASSIS, Alexandre Henrique de. **Teores de corte: uma análise da influência no resultado econômico de um empreendimento mineiro**. 2016. 57p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto/Minas Gerais, 2016.

BRASIL. Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Institui, para os Estados, Distrito Federal e Municípios, compensação financeira pelo resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, de recursos minerais em seus respectivos territórios, plataformas continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, e dá outras providências. (Art. 21, XIX da CF)**. Brasília, DF, 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7990.htm Acesso em: 4 nov. 2019.

BRASIL. Lei nº 13.540, de 18 de dezembro de 2017. **Altera as Leis N^{os} 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e 8.001, de 13 de março de 1990, para dispor sobre a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM)**. Brasília, DF, 1989. Disponível em: http://www.anm.gov.br/consultas-publicas-1/lei-no-13540_2017 Acesso em: 4 nov. 2019.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - ESALQ/USP. **Série Dólar**. 2019. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/serie-de-preco/dolar.aspx> Acesso em: 03 nov. 2019.

EBRAHIMI, A. **The importance of dilution factor for open pit mining projects**. 2013. Disponível em: www.srk.com.au/files/File/papers/dilution_factor_openpit_a_ebrahimi.pdf Acesso em: 20 out. 2019.

KERNOT, Charles. **Valuing Companies: A Guide to the Assessment and Evaluation of Assets, Performance, and Prospects**. Boca Raton (FL): CRC Press, 1999. 241 p.

MIRANDA JÚNIOR, Ivan Silva. **Diretrizes fundamentais para um estudo de avaliação econômica de empreendimentos de mineração: Um estudo bibliográfico**. 2011. 275p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto/Minas Gerais, 2011.

ORCHE GARCÍA, Enrique. **Manual de Evaluación de Yacimientos Minerales**. Madrid: U. D. Proyectos – E. T. S. I. MINAS – U. P. M., 1999. 300 p.

PIGNATARI, Luiz Eduardo Campos. **Operacionalização dos recursos, reservas e reconciliação em minas de ouro com mineralização em veios estreitos**. 2018, 77f. Exame de Qualificação (Dissertação de Mestrado em Engenharia Mineral). Departamento de Engenharia de Minas e do Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

RENDU, Jean-Michel. **An Introduction to Cut-Off Grade Estimation**. Littleton (CO): SME – Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 2008. 106 p.

REVUELTA, Manuel B.; JIMENO, Carolos L. **Recursos Minerales**. Madrid: Entorno Gráfico, 2000. 275p.

SANTOS, Edno Oliveira de. **Administração Financeira da Pequena e Média Empresa**. São Paulo: Atlas, 2001.

STRACHOSKI, Patrícia. **Análise de viabilidade econômica de um projeto de investimento em uma indústria de artefatos de cimentos**. 2011. 60p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Contábeis) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, Santa Catarina, 2011.

The JORC Code 2012 Edition. Disponível em: <http://www.jorc.org> Acesso em: 15 set. 2019.

WELLMER, Friedrich-Wilhelm; DALHEIMER, Manfred; WAGNER, Markus. **Economic Evaluation in Exploration**. 2 ed. Berlin: Springer, 2008. 250 p.

World Gold Council. Goldhub, 2019. **Gold price in a range of currencies since 1978**. Disponível em: <https://www.gold.org/goldhub/data/gold-prices> Acesso em: 03 nov. 2019.